Gheorghe COMAN

ECONOMIA MEDIULUI

Material cu drept de autor

Gheorghe COMAN

ECONOMIA MEDIULUI

pim
IAŞI - 2004

Referenți ştiințifici:

Prof.dr.ing. Muscă Gavril
Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi" Iaşi

Prof.dr.ing. Grunichievici Ecaterina
Universitatea „Dimitrie Cantemir" Iaşi

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
COMAN, GHEORGHE
Economia mediului / Gheorghe Coman.-Iaşi :
Pim, 2004
ISBN 973-7964-74-7

504:33

INTRODUCERE

"Acolo unde există o necesitate, există şi o posibilitate"

Titu Maiorescu

Acum, la începutul mileniului trei, omenirea se confruntă cu mai multe fenomene cu caracter global, determinate de creşterea continuă a gradului de civilizație pe Terra.

Civilizația modernă dezvoltată o dată cu industrializarea şi cu avântul societății umane, interesate de eficiență şi profit, s-a fundat pe ideea că omul este stăpânul suprem al mediului înconjurător, de la care trebuie smulse – potrivit intereselor imediate – maximum de foloase. În acest fel, au fost treptat date uitării mileniile de convietuire armonioasă, solidară, a omului cu mediul său natural, făcându-şi loc o mentalitate nouă, tradusă în atitudini care merg de la indiferență până la agresiune inconştientă împotriva acestuia. Consecințele practicilor iresponsabile s-au acumulat treptat-treptat, ajungându-se, cu deosebire în ultimele decenii, la conturarea unor previzibile dezastre ecologice.

Ceea ce a caracterizat impactul distructiv al societăți omeneşti asupra mediului înconjurător, în perioada modernă, a fost caracterul global al acțiunilor umane şi viteza de desfăşurare a evenimentelor respective.

Viața înseamnă mişcare, schimbare, transformare şi este firesc ca aceasta să aibă loc continuu. Ceea ce deosebeşte o etapă de alta sau conferă specificitate unui anumit "moment" al mişcării, al evoluției, este natura, amploarea şi profunzimea unor schimbări. Dacă se simte nevoia incursiunii în planul schimbărilor, aceasta se datorează tocmai specificității etapelor pe care le parcurge omenirea. Natura, dimensiunile şi implicațiile mutațiilor ce se produc în timpul unei generații sunt privite de aceasta cu uimire, alteori cu indiferență sau lipsă de înțelegere. De obicei interesează mai puțin inventarierea acestor mutații şi mai mult ideea de a vedea ce se poate învăța de la mecanismele de schimbare şi care sunt semnificațiile acestor transformări privite, îndeosebi, prin prisma rădăcinilor culturale ale binelui şi răului ce le produc în viața umană. Aceasta cu atât mai mult cu cât schimbările rapide şi profunde au creat întotdeauna şi o anumită instabilitate, tensiuni şi uneori chiar pericole ce adesea au dus, în trecut, la confruntări şi conflicte ce au degenerat în conflagrații catastrofice pentru umanitate.

Chinurile naşterii noului au însoțit permanent istoria civilizației umane. Noul a creat speranțe dar şi temeri şi opoziții care nu întotdeauna au fost justificate. Ele au provenit şi din necunoaştere, însă şi din elementele şi influențele negative sau chiar amenințările ivite odată cu avantajele aduse de nou, datorită dualismului noului. Este cazul celor mai multe din schimbările produse de ştiință şi tehnologie care au fost însoțite şi de unele efecte negative sau pericole, fie că este vorba de evidențierea unor noi mijloace de

creştere a calităţii vieţii materiale, fie de creşterea gradului de confort şi satisfacere a unor dorinţe individuale sau colective, indiferent de natura acestora.

Fiecare deschidere creată de nou a adus cu sine noi oportunităţi de progres, dar şi noi probleme. Aşa s-a întâmplat în trecut cu maşinismul, cu era industrială, iar în prezent cu era nucleară, cu cea informaţională, cu era siliciului sau cea a geneticii.

Specific pentru etapa actuală este amploarea şi viteza cu care se produc aceste noi schimbări şi dimensiunile pericolelor pe care le antrenează ele. Omenirea se află astfel în faţa unui paradox; tocmai imensa forţă transformatoare dobândită de ştiinţă şi tehnologie, dimensiunile şi rolul lor, la scară planetară, măresc foarte mult atât posibilităţile de progres, cât şi fascicolul de pericole. Este de fapt în firea lucrurilor ca de cele mai multe ori când se rezolvă o problemă, aceasta să dea naştere la multe alte probleme noi.

Probabil că schimbările de mai mare anvergură necesită perioade mai lungi de intense pregătiri, adaptări şi readaptări. Revoluţia industrială a cunoscut o perioadă lungă de pregătiri şi desăvârşiri, care s-au intensificat în secolele al XVIII-lea şi al XIX-lea. Burghezia şi-a început ascensiunea încă în secolele XV-XVI, iar ştiinţa care a creat suportul revoluţiei industriale o aflăm deja în secolul al XIV-lea, cu rădăcini încă în secolele XI şi XII. În contextul actual, în cadrul amplificării investigaţiilor asupra dimensiunilor şi esenţei schimbărilor şi a impactului lor în cele mai diverse planuri (economic, social-uman, politic, cultural, valoric, educaţional, psihologic, filozofic, de stil de viaţă etc.), două aspecte complementare se par a fi pe cât de presante, pe atât de importante: *viteza de schimbare* şi *asigurarea securităţii proceselor de dezvoltare*. Dar, teama de viteza schimbărilor este mult mai veche. Încă în 1872, Samuel Butler, în *Erewhon* scria: "*...lucrul de care mă tem este extraordinara rapiditate cu care devin ceva foarte diferit de ceea ce sunt în prezent. Nici o categorie de organisme n-a efectuat, în nici o epocă trecută, un asemenea marş rapid înainte. Oare această mişcare nu trebuie să fie supravegheată cu strictețe şi frânată, câtă vreme mai poate fi frânată ? Şi nu este necesar, în acest scop, să distrugem cele mai avansate maşini ce se află în uz în momentul de faţă, deşi toţi recunosc că, prin propria lor fiinţă, sunt nevătămătoare ?*".

Se ştie că în circulaţia rutieră sunt multe reguli şi semne care interzic să se depăşească o anumită viteză de deplasare, în funcţie de gradul de siguranţă al vehiculului, al şoselei, al vizibilităţii etc. Nu este voie de apăsat oriunde pe acceleraţie la maximum, tocmai pentru a preveni accidentele posibile. La fel se întâmplă şi cu promovarea noului, depăşirea unei viteze critice, care nu asigură prevederea şi luarea tuturor măsurilor de securitate, duce la riscuri disproporţionate, putând produce accidente grave.

Riscurile create de nou nu pot fi eliminate în întregime. Nu numai din cauza ambivalenţei ştiinţei şi tehnologiei şi în genere a acţiunilor umane, ci şi pentru că noul, prin însăşi esenţa sa, creează, într-o măsură mai mică sau mai mare şi un context nou, ce nu poate fi cunoscut dinainte în absolut toate

detaliile sale. Tocmai aceste detalii imprevizibile pot să determine situații ce devin intolerabile sau periculoase.

În general, progresul şi deci însăşi ştiința şi tehnologia nu au avansat liniar ci numai ca urmare a unor intervenții pozitive. Ele au fost "împinse" înainte şi prin învățarea din greşelile ce au apărut pe parcurs. Un exemplu îl constituie accidentele de diferite centrale nucleare din SUA, Anglia şi fosta URSS (Windscale – Anglia, 1957; Idaho Falls – SUA, 1961; Detroit – SUA, 1966; Three Mile Island – SUA, 1979; Cernobâl – URSS, 1986 etc.), care au condus la reconsiderarea multor soluții ştiințifico-tehnologice de utilizare a energiei nucleare. Sigur că ştiința şi tehnologia, în general, conduc la unele concluzii pozitive şi din asemenea experiențe negative, dar cel mai adesea prețul este mult prea ridicat. Acesta este şi motivul pentru care nu trebuie să se apese prea mult pe "accelerație". Odată depăşit pragul critic, riscurile devin mult mai mari.

Oamenii de ştiință au fost primii care au tras semnalul de alarmă, alertând opinia publică în privința degradării evidente şi periculoase a mediului. La început au acționat în diverse organizații şi societăți neguvernamentale pentru a alerta opinia publică şi astfel, prin presiuni adecvate, să determine factorii decizionali să trateze cu toată seriozitatea aceste probleme ale mediului.

Unul din cercurile neoficiale care s-au impus în ultimele decenii atenției opiniei publice este Clubul de la Roma care durează din 1968, întrunind în jurul meselor rotunde personalități din cele mai diferite sectoare din întreaga lume, pentru dezbaterea în comun a problemelor omenirii contemporane, confruntarea punctelor de vedere şi mobilizarea opiniei publice în jurul temelor de cea mai presantă actualitate. Inițiatorul său, regretatul Aurelio Peccei, a subliniat dese ori valoarea dezbaterilor deschise, oneste, oglindind convingeri diverse, cu singura condiție de a fi orientate spre îndreptarea racilelor care afectează astăzi lumea. Nu există un plan sau un manifest al preocupărilor Clubului de la Roma, dar ele rezultă din dezbaterile acestui for care a refuzat să fie o instituție şi care sunt pătrunse de câteva idei fundamentale: toate problemele timpului nostru sunt într-o strânsă interdependență; prefacerile se produc într-un ritm deosebit de intens; se dispune, la nivelul societății umane, de o imensă cantitate de informație; ştiința şi tehnologia dețin puteri considerabile fie pentru creație, fie pentru distrugere. Cu toate acestea, sunt simptome izbitoare de risipă, de consum nenecesar, de alterare a naturii, după cum strigător şi intolerabil este decalajul dintre nivelele de dezvoltare a popoarelor. Fenomenele nu întruchipează ideea de justiție.

La solicitarea Clubului de la Roma, un colectiv de la MIT (Massachusets Institute of Technology), coordonat de prof. Dennis Meadows[1] a elaborat un prim studiu al sistemului mondial, prezentat ca primul raport al Clubului de la Roma şi intitulat ***Limitele creşterii*** în care se examinau cinci factori care limitează creşterea: ***populația, producția***

---

[1] Dennis Medows ş.a., *The Limits to Grows* (Limitele creşterii), Univers Books, New York, 1972

agricolă, resursele naturale, producția industrială, poluarea. Autorii, constatând caracterul exponențial al creşterii acestor cinci factori în deceniile precedente şi extrapolând aceste tendințe pentru viitor, au ajuns la concluzii îngrijorătoare, sugerând necesitatea intervenției imediate pentru stoparea creşterii ("*creşterea zero*"), subliniind chiar urgența acestor măsuri: *"a nu face nimic, înseamnă mărirea riscului de prăbuşire"*. Apărut în 1972, în plin proces de expansiune a economiei mondiale, studiul Meadows a provocat reacții foarte violente, atât din partea cercurilor ştiințifice, cât şi a celor politice şi economice.

De un interes deosebit s-a bucurat al doilea raport al Clubului de la Roma, elaborat de un colectiv coordonat de profesorii Mihajlo Mesarovici (din SUA) şi Eduard Pestel (din Germania), intitulat *Omenirea la răspântie*[2].

Şi aceştia pornesc de la constatarea acumulării de factori explozivi şi a existenței unor fenomene de criză. "*Criza de energie nu e decât o repetiție generală a unei drame; într-o bună zi vom fi nevoiți s-o vedem jucată pe o scară mult mai mare. Creşterea de dragul creşterii, în sensul unor cantități şi dimensiuni tot mai mari, pur şi simplu nu poate continua la infinit*". Crizele nu sunt un fenomen nou în societatea umană. "*Ceea ce e caracteristic crizelor actuale este manifestarea lor simultană şi interdependentă, dimensiunea şi caracterul lor global. De asemenea, în trecut, crizele aveau rădăcini negative, acum, cele mai multe au rădăcini pozitive – sunt consecința procesului de creştere*".

Elementul calitativ nou introdus în modelul lor de Mesarovici şi Pestel este adoptarea conceptului de *"creştere organică": ..."în natură, creşterea organică are loc pe baza unui plan director, a unui program potrivit căruia diversificarea celulelor este determinată de necesitățile diferitelor organe; mărimea şi forma organelor şi, implicit, procesele de creştere sunt determinate de funcțiile acestora care, la rândul lor, depind de necesitățile întregului organism... Planul director care reglează creşterea unui organism s-a format în procesul de selecție naturală; el este codificat în gene şi dat de la început organismului... planul şi organismul sunt inseparabile... Un asemenea plan director lipseşte din procesele de creştere şi dezvoltare a sistemului mondial. El trebuie elaborat prin acțiunea oamenilor"*

Cunoscută şi sub denumire "*al treilea raport către Clubul de la Roma*", lucrarea *"Restructurarea ordinii internaționale" (ROI)* exprimă dorința comună a inițiatorilor (în frunte cu dr. Aurelio Peccei) şi realizatorilor (sub conducerea profesorului olandez Jan Tinbergen[3], laureat al Premiului Nobel în ştiințele economice) de a se angaja în marele dialog mondial pe care-l implică cu necesitate procesul de edificare a unei noi ordini internaționale care vizează reducerea decalajului dintre bogați şi săraci, cu exploatarea şi protecția rațională a mediului înconjurător.

---

[2] Mihajlo Mesarovici, Eduard Pestel, *Omenirea la răspântie*, Ed. Politică, Bucureşti, 1975

[3] Jan Tinbergen (coordonator), *Restructurarea ordinii internaționale*, Ed. Politică, Bucureşti, 1978

Al patrulea raport al Clubului de la Roma, întocmit de un grup de specialişti reputaţi – coordonat de Dennis Gabor (Anglia) şi Umberto Colombo (Italia) şi intitulat semnificativ "*Să ieşim din epoca risipei*"[4], a căutat să dea răspuns numeroaselor critici adresate "limitelor creşterii", printr-o analiză riguroasă a situaţiei şi perspectivelor resurselor naturale. Analizând în special situaţia resurselor energetice de materii prime şi alimentare, dar abordând şi unele probleme ale mediului, ale solului şi apei şi influenţele activităţilor umane asupra climei, raportul insistă îndeosebi asupra gestiunii neraţionale a resurselor planetei.

Desigur, au fost şi alte manifestări ştiinţifice care să atragă atenţia opiniei publice mondiale ca şi factorilor de decizie pentru a se asigura pe de o parte, exploatarea, iar pe de altă parte protecţia raţională a mediului.

În faţa unor asemenea intervenţii, desigur, factorii decizionali nu puteau rămâne pasivi. Astfel, între 5 şi 12 iunie 1972 a avut loc la Stockholm prima Conferinţă mondială cu privire la mediul înconjurător, cu participarea, în general, a şefilor de state şi de guverne din 114 state, care avea ca scop să examineze necesitatea de a se adopta o concepţie comună şi principii comune menite să inspire şi să călăuzească eforturile popoarelor lumii pentru a apăra şi îmbunătăţi mediul înconjurător. Dezbaterile ample din cadrul acestei prime conferinţe mondiale asupra mediului înconjurător s-au concretizat într-o declaraţie şi într-o serie de principii şi recomandări adresate ţărilor membre ale Organizaţiei Naţiunilor Unite şi secretarului general al acesteia.

"*Omul* – se spune în declaraţie – *este, în acelaşi timp, creaţie şi creatorul mediului său înconjurător, care-i asigură existenţa fizică şi îi oferă posibilitatea unei dezvoltări intelectuale, morale, sociale şi spirituale*". Principiile adoptate de conferinţă afirmă, între altele: "*Resursele naturale ale globului, inclusiv aerul, apa, pământul, flora şi fauna şi, mai ales, eşantioanele reprezentative ale ecosistemelor naturale, trebuie ocrotite, în interesul generaţiilor prezente şi viitoare, printr-o planificare şi gospodărire atentă, în funcţie de necesităţi*" şi mai departe "*Capacitatea globului pământesc de a produce resurse esenţiale care se pot reînnoi trebuie ocrotită şi restabilită sau îmbunătăţită pretutindeni, acest lucru este posibil*" iar "*resursele globului care nu pot fi reînnoite trebuie exploatate astfel încât să nu existe riscul epuizării lor, avantajele obţinute din folosirea lor să fie împărtăşite întregii omeniri*". Conferinţa a proclamat mediul înconjurător – *habitatul global al omului* – drept o problemă care trebuie să constituie o preocupare continuă a naţiunilor lumii şi a stabilit sub forma Programului Naţiunilor Unite pentru Mediul Înconjurător (UNEP), mecanismul embrionar care să se ocupe de această dimensiune, de curând recunoscută, atât a dezvoltării, cât şi a afacerilor internaţionale.

Dependenţa omului de natură este foarte profundă, iar felul în care el uzează şi abuzează de resursele naturale nu constituie decât un aspect al problemei. Pe măsură ce omul a devenit forţa dominantă în structura

---

[4] D. Gabor şi U. Colombo, *Să ieşim din epoca risipei*, Ed. Politică, Bucureşti, 1983

biosistemelor de pe Pământ, ascensiunea lui a fost însoțită de o reducere a diversității biologice din natură. Speciile considerate a nu fi utile omului au fost sistematic împuținate sau nimicite. Dacă această tendință va continua, Pământul va fi în curând locuit de un număr redus de specii.

Atunci când omul impune naturii propria lui voință, el intervine în procesul de selecție naturală. Consecințele acestui fel de intervenție sunt imprevizibile. Urmărind avantaje imediate, omul introduce în ecosistem un mare număr de substanțe chimice insuficient verificate care pot avea grave şi vaste implicații biologice. Ele pot afecta numeroase organisme vii, inclusiv specia umană însăşi. În interesul propriei sale bunăstări actuale şi în numele progresului, omul poate astfel degrada în viitor calitatea propriei sale specii.

Pentru a se evalua rezultatele obținute în urma măsurilor preconizate de prima Conferință mondială cu privire la mediul înconjurător, din 1972, între 3 şi 14 iunie 1992, deci după 20 de ani, a avut loc cea de a doua Conferință mondială, sub egida ONU, cu participarea şefilor de state sau/şi guverne din 125 de state, la Rio de Janeiro.

Conferința de la Rio de Janeiro a reprezentat un moment important datorită simbolismului şi spiritului creat cu acest prilej. Declarația de la Rio şi "Agenda 21" au statuat principiile ce trebuie să stea la baza relației dintre protecția mediului şi dezvoltarea economică în secolul 21. Documentele semnate la Rio de Janeiro (Convenția pentru diversitatea biologică, Convenția pentru schimbarea globală a climei etc.) urmează să fie, treptat, integrate în managementul societății umane la numeroase nivele.

La nivel global, efectul de seră pare a juca un rol hotărâtor în analiza relației de mediu – dezvoltare. El este articulat la problematica strategiei de dezvoltare şi la politica energetică mondială sau a diferitelor tipuri de economii (țări dezvoltate, cu economii în tranziție sau țări în curs de dezvoltare), la schimbarea în perspectivă a stilului de viață. Metodele şi tehnicile de prevedere a impactului asupra sănătății şi a mediului înconjurător sunt în continuă ascensiune şi îmbunătățire.

Agenda 21 a fost considerată, de numeroşi oameni politici internaționali drept un document de avangardă; integrarea în legislația mondială a considerațiilor din Agenda 21 va crea posibilitatea de a convinge guvernele să schimbe politica lor națională cu mult mai mult decât orice altă înțelegerea internațională existentă.

Acum, la începutul secolului XXI, câteva tendințe clare legate de mediu modelează viitorul civilizației; principale fiind şapte: **1**. creşterea populației; **2**. creşterea temperaturii; **3**. micşorarea resurselor de apă; **4**. scăderea suprafeței de teren agricol pe persoană; **5**. decăderea industriei pescuitului; **6**. scăderea suprafețelor de pădure; **7**. dispariția de specii de animale şi plante. Ele îşi vor găsi locul cuvenit în capitolele de conținut ale prezentului manual.

Securitatea ecologică şi dezvoltarea autosusținută sunt puncte fundamentale în strategia globală a omenirii pentru noul secol.

Tratată din punct de vedere entropic, poluarea (degradarea) mediului reprezintă tocmai fluxul de entropie înaltă disipată în mediu de

activitățile umane. Ori, din acest punct de vedere, imediat se observă că colectivitățile cu activități economice mai intense, țările mai dezvoltate din punct de vedere economic, poluează mai mult mediul înconjurător. Nu întâmplător tocmai în țările mai dezvoltate, în general, şi în special în SUA, s-au constatat gravitatea acestor probleme mai întâi. De aceea şi semnalele privind necesitatea unor intervenții hotărâtoare ale omului, pentru stoparea sau reducerea gradului de poluare, tocmai din aceste țări vin. Menționăm în acest sens preocupările majore ale diverselor instituții şi organizații guvernamentale şi neguvernamentale din SUA pentru protecția mediului înconjurător. Astfel, de mai mulți ani de zile, în SUA funcționează "Worldwarth Institute" (Institutul pentru veghea mondială), coordonată de Lester Brown. Activitatea acestui institut este cunoscută din publicațiile sale care, între anii 1975 şi 1984, era concretizată sub forma unor broşuri cu conținut adecvat problematicii abordate. Din 1984, Worldwarth Institute a început publicarea unor studii anuale de sinteză, intitulate "Starea lumii" (State of the World), în care colectivul coordonat de Lester Brown a grupat principalele studii tematice elaborate de specialişti din diferite domenii, bazate pe prelucrarea unui bogat material documentar din surse diverse - materiale statistice de sinteză, publicare de unele organisme ale ONU (Banca Mondială, Fondul Monetar Internațional, FAO, UNEP etc.), studii şi materiale elaborate la nivel național de unele departamente şi agenții americane, japoneze, europene, indiene, africane etc. Problematica abordată se reflectă în conținutul capitolelor lucrării noastre.

Prezentul manual urmăreşte să prezinte problemele de economia mediului (ecologie globală, ingineria mediului, ingineria biosistemelor), probleme de generare a poluării mediului, de metodologie a cercetării economiei mediului, de protecție a mediului, pe baza evitării sau cel puțin a reducerii impactului unor surse poluante "create" de om asupra mediului. Este o nouă ediție îmbunătățită de prezentare sintetică a problemelor de conținut din economia mediului.

Prezentarea problemelor de conținut ale manualului se face în concordanță cu metodologia adoptată de colectivul folosit de UNESCO în 1971, la realizarea programului de cercetare "Man and the Bisphere Programe" (Omul şi biosfera) – M.A.B. Scopul programului era ca, în cercetările din acest domeniu, să se elaboreze un nou mod de abordare a problemelor de mediu, promovându-se luarea în considerare a rezultatelor cercetării în procesul de decizie a organismelor cu caracter politico-social, naționale şi internaționale. M.A.B. a fost un program de cercetare interdisciplinară care în analizarea relațiilor reciproce dintre om şi mediul său se străduieşte să aplice concepția ecologică, tinzând să realizeze, în cadrul ştiințelor naturii şi ale societății, o astfel de bază ştiințifică care să permită folosirea rațională şi conservarea resurselor materiale şi de energie ale biosferei. În cercetările efectuate, s-a pus un accent deosebit pe studierea efectelor pe care le prezintă intervenția omului în sistemul ecologic şi asupra mediului înconjurător, pe analizarea efectelor biologice, sociale şi economice ale transformării mediului înconjurător. Baza structurii organizatorice de realizare a programului M.A.B. a constituito Comisiile Naționale UNESCO, la care au participat

peste 90 de țări, pe 14 domenii principale de cercetare. Dintre acestea, câteva se refereau la examinarea problemelor speciale ale biosferei, ca, de exemplu, analiza relațiilor sistemelor ecologice (ecosistemelor) ale omului şi pădurile tropicale, studierea sistemelor ecologice ale savanelor şi regiunilor de câmpie, ale pădurilor din zona temperată şi mediteraneană, ale regiunilor muntoase şi de tundră, ca şi studierea structurilor urbane. Alte proiecte de cercetare se refereau la procesele ce au loc în toate domeniile biosferei, respectiv la influențele asupra biosferei. Rezultatele obținute, pe baza cercetărilor efectuate, au fost utilizate în discuțiile şi hotărârile luate cu ocazia întâlnirilor internaționale pe această problemă a țărilor lumii.

Realizarea programului M.A.B. a evidențiat cu pregnanță necesitatea abordării multilaterale a problemelor de mediu, pe baza transferului metodologic din disciplinele ştiințelor bine conturate de-a lungul timpului, a conlucrării interdisciplinare la efectuarea cercetărilor în acest domeniu. Una din metodele desprinse din aceste concluzii constă în utilizarea principiilor termodinamicii în aprecierea degradării mediului.

Subliniez faptul că în prezentul manual, pentru prima dată în literatura de specialitate românească, se folosesc principiile metodologice de tratare a problemelor mediului înconjurător, utilizate de colectivul folosit de UNESCO în 1971, la realizarea programului de cercetare "Man and the Bisphere Programe" (Omul şi biosfera) – M.A.B.

Manualul se adresează îndeosebi studenților de la Facultatea de Ştiințe economice. De aceea, lor mă adresez prin nemuritoarele versuri eminesciene:

Da, la voi se-ndreaptă cartea-mi,
La voi inimi cu aripe.
Ah ! Lăsați ca să vă ducă
Pe-altă lume-n două clipe.

CAP.1. OBIECTUL DISCIPLINEI ECONOMIA MEDIULUI

"Muntele şi omul se aseamănă, dar cu deosebirea că de unde prin munte pământul tinde spre cer, prin om cerul a coborât pe pământ".

William Shakespeare

1.1. Ce este economia ?

Termenul economie este întrebuințat pentru prima dată în antichitate şi chiar una din cărțile lui Xenofon[1] poartă acest titlu; cei vechi însă înțelegeau prin aceasta economia casnică. Trebuie precizat că termenul economie este format din două cuvinte greceşti: ***oicos = casă, gospodărie*** şi ***nomos = ordine, principiu, regulă, lege***. În cartea menționată, prezentată sub formă de dialog, se precizează că ar fi spus Socrate: *"...**un om econom e acela care-şi gospodăreşte bine casa şi avuția personală**"*, iar la întrebarea lui Critobul: *"ce trebuie să înțelegem prin «gospodărie» ?"*, Socrate răspunde: "*Toate bunurile ce-i aparțin cuiva, chiar şi cele ce se află în afara oraşului*", iar mai departe precizează: ***"...se numeşte gospodărie tot ce-i în posesia cuiva"***. Rezultă deci că cei care au introdus termenul de economie, înțelegeau prin acesta economia familială, casnică.

În 1615 însă Antoine de Montchrestien (1575-1621) economist şi dramaturg francez, îi adaugă calificativul de *politică*, scriind primul *Tratat de economie politică*. Se observă că de acum nu mai este vorba de economia casei, ci de aceea a unei colectivități umane. În Germania conceptul de Economie politică este înlocuit cu conceptul de *Economie socială*; etimologic este un concept similar (echivalent), atât numai că adjectivul *politică* se acordă mai bine cu termenul de *economie*, pentru că ambele sunt de origine grecească.

Dar, ştiința economică modernă are o dată de naştere mai târzie. În 1758, Dr. Quesnai François (1694-1774), medic al regelui Ludovic al XV-lea, publică *Le Tableau Economique* şi a avut ca discipoli un grup de oameni eminenți, care şi-au dat numele de *Economişti* şi care au fost numiți mai târziu *Fiziocrați*[2] (termenul *Fiziocrație* este compus din două cuvinte greceşti care înseamnă *guvernarea naturii*). Desigur că schimbările survenite în conținutul conceptului de *economie* au determinat, evident, modificări şi în definirea conceptului respectiv.

---

[1] Xenofon, *Amintiri despre Socrate*, Ed. Univers, Bucureşti, 1987; apărut şi la Ed. "Hyperion", Chişinău, 1990, p.127- 220.

[2]Charles Gide, Charles Rist, *Istoria Doctrinelor Economice*, Editura Cassei Şcoalelor, Bucureşti, 1926

Astfel, o primă serie de definiții a economiei este dată de economiştii clasici la sfârşitul secolului al XVIII-lea şi la începutul secolului următor, care înțelegeau economia ca "*ştiință a avuției*". Nu întâmplător economistul englez Adam Smith (1723-1790) dă ca titlu lucrării sale, din 1776, *Avuția națiunilor. Cercetare asupra naturii şi cauzele ei*. Dar, ei aveau în vedere numai avuțiile materiale, în opoziție cu serviciile.

S-a ajuns la concluzia că această concepție în definirea economiei nu este satisfăcătoare deoarece excludea din câmpul analizei şi al observației o mare parte a activităților, societățile contemporane dezvoltate, care au fost numite uneori societăți postindustriale, sunt în mare măsură societăți de servicii.

În aceste condiții, conceptul de avuție materială îşi pierde rațiunea, ***este avuție tot ceea ce satisface o nevoie, tot ceea ce are o utilitate***; accentul se deplasează deci spre trebuință, utilitate.

Apare a doua etapă de formare a definiției economiei – *economia este ştiința schimbului comercial*; economia ar avea ca obiect studiul bazelor schimbului.

Actualmente, generic, putem spune că prin ***economie*** se înțelege ***ansamblul activităților umane din domeniul producției, al repartiției şi consumului de bunuri şi al*** serviciilor. Este foarte dificil, dacă nu chiar imposibil, să găseşti o definiție completă pentru conceptul de economie. Ar fi şi împotriva progresului acestei ştiințe.

1.2. Ce este mediul ?

În sensul cel mai larg al cuvântului, *mediul reprezintă totalitatea elementelor identificabile cu care un organism sau o populație se găseşte în interacțiune*.

În literatura de specialitate se vorbeşte însă despre mediu în general, mediul înconjurător şi mediul social.

Mediul înconjurător se raportează, în primul rând, la cadrul socio-geografic, înglobând elemente naturale şi construcțiile umane, însă transformarea lui se realizează în parte prin intermediul reprezentărilor şi mai ales ca urmare a impactului cu progresul tehnic.

În Legea nr.9/1973, art. 3 consideră că mediul înconjurător este constituit din "*totalitatea factorilor naturali şi ai celor creați prin activitățile umane care, în strânsă interacțiune, influențează echilibrul ecologic, determinând condițiile de viață pentru om, de dezvoltare a societății*".

Pentru Comunitatea Europeană, mediul înconjurător este definit ca fiind: "*ansamblu de elemente care în complexitatea relațiilor lor, constituie cadrul, mijlocul şi condițiile de viață ale omului, acelea care sunt ori cele ce nu sunt resimțite*""

Emil Racoviță (1868-1947) a definit mediul înconjurător ca fiind: "*totalitatea energiilor lumeşti ce fin în contact cu o ființă, de care depinde soarta acesteia şi a căror acțiune provoacă o reacțiune în zisa ființă*".

Cât priveşte mediul social, el reprezintă *ansamblul de factori, relații, condiții, instituții, grupuri, ideologii sociale în interiorul şi sub influența căruia se găseşte un individ sau un microgrup determinat*. Distincțiile, la care se referă definiția de mai sus, nu prezintă interes decât în anumite momente ale cercetării, ca ulterior să pună mai bine în evidență totalitatea vieții sociale de ansamblu.

Mediul înconjurător, ca un cadru suportat, ales sau construit de oameni, îşi păstrează întreaga importanță. Însă, spațiul construit (casa, satul, oraşul, regiunea urbană, zonele industriale, marile lucrări care exprimă eforturile membrilor unei societăți) are, în acelaşi timp, tendința de a închide oamenii în propria lor capcană. Descoperirile ştiințifice, progresul tehnic, ar putea permite oamenilor să rezolve problemele opoziției dintre aspirații şi mijloace şi să creeze cadrul în care constrângerile ar fi limitate la minimum şi posibilitățile s-ar dezvolta la infinit. Însă, asistăm, dimpotrivă, la o risipă a resurselor naturii, la o oprimare a oamenilor în aglomerări în care nu se mai poate respira. De ce aceste neajunsuri ? Întrucât mediul înconjurător a devenit o expresie a contradicțiilor interne ale civilizației moderne şi în acelaşi timp a cuceririlor ei. Mediul înconjurător nu mai răspunde aspirațiilor întregii populații, tuturor grupurilor sociale. El este exploatat în interesul acelora care dețin puterea economică sau politică a păturilor sociale dominante prin bogăție, în interesul țărilor dominante economic şi politic. Asistăm la crearea unui cadru artificial în care cei defavorizați sunt lăsați fără apărare în fața agresiunilor poluării aerului şi apei, zgomotului, ritmului epuizant al muncii. Opoziția de clasă, de castă, etnice şi religioase, contradicții de toate felurile apar prin intermediul acestor dezordini ale mediului înconjurător. Transferul industriilor celor mai poluante în țările slab dezvoltate sau în curs de dezvoltare, confirmă tocmai adâncirea acestor contradicții dintre țările sărace şi țările bogate. De aceea, problemele mediului înconjurător nu vor fi rezolvate doar pe un plan tehnic, ci şi pe unul social.

Problema protecției mediului este o problemă globală a omenirii întrucât intervenția a foarte multor factori naturali deplasează substanțele de contaminare a mediului din locul de producere în zone foarte îndepărtate. Astfel, majoritatea poluanților atmosferici emanați în Insulele Britanice sunt deplasați, de curenții atmosferici, deasupra Țărilor Scandinave. Dezastrul produs de accidentul de la Cernobâl în 1986 a afectat zone foarte întinse din Europa şi chiar alte continente.

Protecția mediului înseamnă totalitatea acțiunilor întreprinse de om pentru păstrarea echilibrului ecologic, menținerea şi ameliorarea calității factorilor naturali, dezvoltarea valorilor materiale şi spirituale, asigurarea condițiilor de viață şi de muncă tot mai bune generațiilor actuale şi viitoare. Prin intervențiile sale asupra biosferei, omul a modificat esențial mediul înconjurător în conformitate cu nevoile sale, de cele mai multe ori numai cele imediate, nu şi cele de perspectivă, ale generațiilor viitoare. Marea stabilitate ce caracterizează biosfera a condus la ideea falsă că aceasta poate anihila şi contracara toate influențele nocive cu care este confruntată.

Momente hotărâtoare pentru afirmarea concepției privind necesitatea protecției mediului le-au constituit dezastrele ecologice cauzate de deşeurile industriale şi tehnologice din țările puternic dezvoltate economic (Valea Meusei – Belgia, 1930; Los Angeles – SUA, 1943; Poza Rica – Mexic, 1950; Londra – Anglia, 1952; Cernobâl – Ucraina, 1986 etc.). Ca o consecință a supraexploatării resurselor naturale şi a subminării de lungă durată a capacității sistemelor naturale de autoreglare, în prezent, protecția mediului a devenit un imperativ de nivel planetar. Modul de abordare, însă, prin deplasarea surselor cele mai poluante în țările slab dezvoltate sau în curs de dezvoltare nu este o soluția durabilă, ci trecătoare.

1.3. Conceptul de economie a mediului

În sensul cel mai general, prin economia mediului se înțelege utilizarea cu prudență şi discernământ a resurselor naturale, cu un randament maxim al utilității astfel încât impactul nefavorabil (distructiv) asupra mediului să fie cât mai mic posibil şi neutralizabil pe cale naturală sau artificială. Se observă că economia mediului presupune două probleme majore: (**1**) – una este legată de exploatarea mediului şi (**2**) cealaltă de protecția mediului.

Când a apărut problema exploatării mediului ? Se poate răspunde că în neolitic, când omul a devenit din culegător – cultivator de plante şi produse agricole şi din vânător – crescător de animale domestice.

Când a apărut necesitatea protecției mediului ? Se poate răspunde că, în principiu, în secolul al XIX-lea, odată cu revoluția industrială, când au apărut şi fenomene de neputință a naturii de a neutraliza influențele negative asupra ei ale activității umane. Aceste influențe s-au manifestat nu numai asupra componentei biotice, ci şi abiotice a mediului înconjurător, prin creşterea mineritului.

Pentru înțelegerea de fond a acestor precizări, privind apariția domeniului ştiințific al economiei mediului, vom face o incursiune în evaluarea existențială a planetei Pământ, pe baza unor date ştiințifice în domeniu.

După formarea planetei Pământ, structura chimică a acesteia şi impactul ei cu energia cosmică (îndeosebi solară), au creat condițiile apariției vieții pe Pământ.

De-a lungul timpului geologic, plantele şi animalele, a căror dezvoltare s-a produs pe o spirală, au modificat permanent condițiile de viață pe Pământ. Cu circa două miliarde de ani în urmă, plantele verzi, care dominau componenta biotică a planetei Pământ, au început să adauge oxigen atmosferei, un produs al folosirii de către ele a luminii Soarelui pentru transformarea materiei prime în hrană.

Acest oxigen era ucigător (poluant toxic) pentru multe specii biotice, care evoluaseră fără el, ceea ce i-a determinat pe unii ecologi să considere că aceasta a fost "*cel mai grav accident de poluare atmosferică pe care l-a*

cunoscut vreodată această planetă"[3]. Însă, deşi acumularea lentă a oxigenului a dus la dispariția unor specii din biotic, ecosistemele planetei s-au acomodat treptat la chimia schimbării mediului înconjurător.

În ultimele două secole – de-abia o clipă în timpul geologic – activitățile umane au modificat structura chimică a pământului într-atât încât acesta poate duce la consecințe economice şi ecologice deosebite chiar în timpul vieții generațiilor actuale. Trei dintre ele se detaşează ca deosebit de ameninţătoare şi costisitoare pentru societatea umană: ***riscurile pentru securitatea hranei; pentru păduri şi pentru sănătatea omului***.

Riscurile pentru securitatea hranei. De-a lungul secolelor, cultivatorii agricoli au adaptat ciclurile recoltelor la regimul normal de ploi şi căldură oferit de natură. Îndepărtarea de aceste condiții periodice poate submina grav recoltele, mijloacele de trai ale cultivatorilor agricoli şi, în cele din urmă, ***securitatea hranei***. Dacă actualele tendințe continuă, lupta agriculturii cu vremea se va intensifica în deceniile ce vin. Datorită creşterii în atmosferă a concentrațiilor de bioxid de carbon, a unor derivați ai hidrocarburilor, precum şi a altor gaze cu efect de seră, oamenii de ştiință se aşteaptă ca în clima pământului, în următorul secol de existență, să se producă o schimbare accentuată. Modelele existente nu pot surprinde toate complexitățile climei lumii, nici nu pot prezice cu precizie schimbările care se vor produce în anumite regiuni în ceea ce priveşte temperatura şi regimul ploilor. Aceasta indică limpede necesitatea unor reglementări majore şi costisitoare pentru a menține securitatea globală a hranei.

Deşi clima se va schimba pe măsură ce concentrațiile de gaze cu efect de seră vor spori, cei mai mulți cercetători care se ocupă cu modelele de climă îşi concentrează anticipările asupra ceea ce se va întâmpla în cazul dublării nivelelor de bioxid de carbon. În general, ei sunt de acord că temperaturile vor creşte pretutindeni, deşi mai mult în zonele temperate şi poluate decât la tropice. Din moment ce o atmosferă mai caldă poate reține mai multă umezeală, este de aşteptat ca precipitațiile medii mondiale să crească cu 7 până la 11%. Totuşi, în multe regiuni, acest nivel al ploilor adiționale va fi compensat de rate mai mari ale evaporării, făcând ca umezeala solului – rezervele naturale de apă pentru recoltă – să se micşoreze. În vreme ce unele regiuni cheie producătoare de hrană pot fi atinse de secetă, şansele pentru o extindere a producției se pot îmbunătăți în alte zone. Condiții de climă mai caldă şi mai umedă în India şi în alte zone din Asia de Sud-Est pot spori producția de orez din această regiune. Imaginea rămâne neclară pentru Africa. Dar reconstrucția aşa numitei "ere althermale" de acum 4500-4800 de ani, când temperaturile lunilor de vară erau mai ridicate decât în prezent, sugerează că Africa de Nord şi de Est poate primi o cantitate substanțial mai mare de ploi.

Din nefericire, schimbarea producției de cereale către zonele ce vor beneficia de modificarea climei nu va fi numai costisitoare, dar se vor întâlni şi anumite constrângeri. Solurile din aceste regiuni sunt subțiri şi sărace în

---

[3] Bogdan Stugren, *Ecologie teoretică*, Casa de editură "Sarmis", Cluj-Napoca, 1994

elemente nutritive, ceea ce va duce la o scădere substanțială a producției la unitatea de suprafață de teren agricol.

Zonele agricole de joasă altitudine sunt amenințate de o creştere substanțială a nivelului mării, ca urmare a modificării climei. Din moment ce apa se dilată când e încălzită, nivelul oceanelor se va ridica o dată cu creşterea temperaturii globale. Temperaturi mai mari vor topi, de asemenea, gheţarii munților şi părți din straturile de gheață polară, transferând apa de pe pământ în mare. În urma încălzirii globale, aşteptată către mijlocul secolului al XXI-lea, nivelul mărilor poate creşte cu până la un metru, amenințând cu inundațiile mari întinderi de pământuri joase utilizate în agricultură – zone în care se obține mare parte din orezul lumii.

Productivitatea culturilor celor mai importante va răspunde nu numai schimbărilor climei, dar, în mod direct, şi concentrației mai mari de dioxid de carbon din atmosferă. Experiențele sugerează că atât timp cât apa, elementele nutritive şi alți factori nu sunt limitați, fiecare creştere de 1% a concentrației de bioxid de carbon poate spori fotosinteza cu 0,5%. Într-o atmosferă mai bogată în dioxid de carbon plantele pot, de asemenea, folosi apa mai eficient, căci orificiile prin care frunzele elimină apa se îngustează. Deşi puține studii au testat felul în care culturile majore ar răspunde la nivele mai ridicate ale dioxidului de carbon, cercetătorii se aşteaptă, în situația în care celelalte aspecte rămân constante, să se producă uşoare creşteri ale producției.

Alți factori ar putea echilibra sporurile potențiale ale recoltei. Culturile ar avea nevoie de mai mult azot şi alte elemente nutritive pentru a atinge productivitatea mai ridicată posibilă prin nivelele mai mari ale dioxidului de carbon. Daunele produse de insecte pot spori deoarece o climă mai caldă va duce la înmulțirea insectelor. Producțiile de porumb – probabil planta cea mai vulnerabilă la schimbările de climă anticipate – pot suferi din cauza unei competiții mai mari a buruienilor. Porumbul se deosebeşte de grâu, orz şi alte culturi alimentare majore prin felul cum realizează fotosinteza şi, ca urmare, nu va beneficia prea mult de efectul concentrației mai mari de dioxid de carbon. Multe buruieni vor beneficia în schimb, iar capacitatea lor mai mare de a se lupta pentru apă şi elemente nutritive poate duce la diminuarea producției de porumb.

Oricare ar fi rezultatul pentru fiecare regiune în parte, adaptarea la schimbările climei va cere costuri mari din partea guvernelor şi a fermierilor. Sisteme de irigare costisitoare care udă actualmente circa 255,5 milioane de hectare în întreaga lume, au fost construite pornind de la clima actuală. Aceste terenuri irigate reprezintă circa 17% din totalul cultivat şi produc aproximativ 40% din recolta globală. De aceea, agricultura irigată joacă un rol hotărâtor în satisfacerea nevoilor de hrană ale omenirii. Schimbări în regimul ploilor pot face ca actualele sisteme de irigație – incluzând canale, rezervoare, pompe şi puțuri – inutile în unele regiuni şi insuficiente în altele. Mai mult, schimbările climei, pot constrânge grav agricultura irigată, mai ales acolo unde competiția pentru apă greu de găsit sporeşte de pe acum.

Necesitatea unor noi sisteme de canalizare, a unor structuri de control al inundațiilor, varietatea recoltelor vor amplifica foarte mult costurile

adaptării la o climă schimbată. Multe din aceste costuri vor rezulta din pierderea unor investiții capitale în agricultură. Țările sărace se vor adapta cel mai greu şi întrucât producția alimentară cuprinde o parte relativ largă din veniturile lor, popoarele acestor țări vor suferi în mod disproporționat consecințele schimbării climei pe Pământ.

Criza "plămânului verde". Pădurea este "***plămânul verde***" al Terrei; ea asigură refacerea echilibrată a compoziției chimice a atmosferei pământeşti. Dar, ***pădurea este în mare pericol şi odată cu ea însăşi existența vieții pe Pământ. Pericolul vine pe de o parte datorită defrişărilor pentru lemne de foc, lemn de construcție, hârtie şi alte produse mai puțin esențiale, iar pe de altă parte din cauza "îmbolnăvirii" ei cu diverse emanații nocive***.

Se afirmă că în lumea întreagă, în fiecare minut, se despădureşte, în medie, 20 hectare de pădure. Nimeni nu replantează atâția arbori încât, după un timp, paguba să nu devină vizibilă, enormă, ireparabilă, sufocantă. Sufocantă este poate adjectivul cel mai potrivit întrucât pădurile sunt "*plămânul verde*" al omenirii.

Deşi despădurirea primejduieşte aprovizionarea viitoare cu lemne de foc, lemn de construcție şi hârtie, contribuind la eroziunea solului, la inundații şi la aluviuni, se întreprinde prea puțin pentru a răsturna aceste tendințe.

Dar, distrugerile prin îmbolnăvire sunt mult mai devastatoare întrucât sunt imprevizibile. Semnele s-au adunat progresiv, la început neînțelegându-se despre ce este vorba. Boala loveşte selectiv, dar cu efecte devastatoare. În cazul molidului, ramurile de un verde închis se apleacă, mai întâi, istovite. Apoi, mai târziu, de la cinci săptămâni la trei ani, pe crengi apar pete galbene, apoi maronii. Acele arborelui ros de boală cad unul după altul, fără ca, între timp, să mai crească altele. Copacul se luptă pentru supraviețuire dar nu reuşeşte, este doborât.

În Europa, în Germania, unde a apărut mai întâi acest fenomen, locuitorii vorbesc despre ***Waldsterben***, adică ***sindromul pădurii muribunde***. Fenomenul nu se limitează însă la această țară. Oamenii de ştiință din Germania au fost însă primii care, încă din 1980, au identificat această boală misterioasă. De atunci, secerând păduri din țări îndepărtate, una după alta, cum sunt Suedia şi Italia. Boala a avansat şi în rândul diferitelor altor specii de copaci, atacând atât coniferele – bradul, molidul şi pinul – cât şi foioasele, de tipul fagului şi stejarului. În consecință, Europa este amenințată cu una dintre cele mai grave degradări ale mediului înconjurător din timpurile moderne. Situația cea mai gravă se înregistrează în Germania, unde, încă în 1982, la doi ani după descoperirea fenomenului ***Waldsterben***, 7,7% din cele 7,4 milioane de hectare acoperite cu păduri erau vizibil afectate, un an mai târziu, 34% din copaci suferiseră de pe urma arderii frunzelor sau acelor ori din cauza decolorării. În 1984, circa jumătate din terenurile împădurite acuzau simptome de boală. În partea vestică a Germaniei, în Pădurea Neagră, peste 75% din copaci au murit sau erau bolnavi. Evoluția bolii a fost greu de stabilit. S-a crezut, la început, că

sindromul ***Waldsterben*** intervine după doi sau trei ani. Ulterior s-au observat cazuri în care evoluția a fost fulgerătoare, de numai cinci săptămâni.

Explicațiile date pentru epidemie variază de la o schimbare ciclică a mediului înconjurător până la o formă extrem de ciudată de "*cancer*" al copacilor. Dovezile cele mai concludente indică însă poluarea atmosferei, mai ales cu bioxid de sulf şi oxizi de azot, care dau un anumit conținut ploilor, provocând ceea ce este cunoscut sub numele de *ploaie acidă*.

Ploaia acidă, sub forma unor particule uscate, fulgi de zăpadă şi vapori de ceață, atacă arborii pe toate fronturile. Poluarea aeriană se aşează, la început, pe coroana celor mai înalți copaci ai pădurii, care acționează ca un paravan natural în calea vântului. Precipitația acidă se scurge în jos, spre sol, roade sistemul rădăcinilor şi, în cele din urmă, neutralizează elementele nutritive de bază. Odată ajunsă pe frunze sau ace, ploaia acidă blochează funcționarea stomatelor, microscopicele orificii care permit copacului "*să respire*". Procesul de fotosinteză e perturbat şi, în urma unor schimbări subtile în chimia copacului, se produce decolorarea şi îmbătrânirea prematură. În fine, ploaia acidă îndepărtează elementele nutritive vitale de pe frunze, astfel încât copacul moare încet de foame, fiindu-i paralizate sistemele respirator, circulator şi "digestiv".

Dar nici această teorie nu este suficientă pentru a explica fiecare caz. Sindromul ***Waldsterben*** a fost semnalat în zona din Alpi, unde solul calcaros ar fi trebuit să neutralizeze acizii. Unii cercetători tind să creadă că nu ploaia acidă, ci oxizii de nitrogen şi ozonul format de lumina solară sunt cei care paralizează funcțiile vitale ale arborilor, făcându-i vulnerabili la otrăvire şi pierderea elementelor nutritive.

Termenul de ploaie acidă a fost folosit pentru prima dată de chimistul britanic Robert Agnus Smith, în 1872, într-un tratat de 600 pagini în care examina corelația dintre cerul îmbâcsit de deasupra Manchesterului, în Anglia, şi aciditatea ploilor din regiune. Măsurată pe o scară chimică de la 0 la 14 pH (de la cea mai acidă la cea mai alcalină), ***ploaia acidă este definită ca o precipitație cu pH sub 5,6***. În majoritatea zonelor industrializate ale Europei, precipitațiile sub formă de ploaie acidă au ajuns la un pH între 4,5 şi 5,5. În unele regiuni ale Italiei, au fost înregistrate cote şi mai scăzute, până la 2,6, cu aciditate mai mare decât a oțetului comestibil (utilizabil în industria alimentară), al cărui pH admisibil este 2,9.

În cea mai mare parte, poluarea se datorează profilului energetic specific Europei, unde combustibilii cu un conținut ridicat de sulf (cum este cărbunele) joacă un rol preponderent, ponderea energiei hidroelectrice este relativ mică, iar rezervele de petrol cu conținut redus de sulf sunt incerte.

Capriciile vântului fac extrem de dificilă identificarea cauzelor otrăvirii. Coşurile fabricilor moderne – depăşind 400 metri în înălțime pot să cruțe de poluare zonele înconjurătoare. Ele emit însă elemente poluante în straturile superioare ale atmosferei, unde acestea călătoresc pe direcții aeriene formate de vânturi ce le poartă la sute şi sute de kilometri depărtare, de multe ori dincolo de granițele țării care le-a produs.

Cel mai grav exemplu de "curent poluant" vine din Marea Britanie, căreia nimeni nu-i contestă cumplita "onoare" de a fi cel mai mare producător de bioxid de sulf din Europa. Un raport elaborat ***în 1984*** de Comitetul pentru mediul înconjurător al Camerei Comunelor estimează că aproximativ ***28% din cele 5,1 milioane de tone de bioxid de sulf ce se revarsă anual prin coşurile fabricilor britanice sunt purtate de vânt spre alte ţări, mai ales cele scandinave***. Pe baza acestui raport, unii ecologi consideră că emanaţiile poluante din Marea Britanie sunt răspunzătoare în proporţie de 14% pentru poluarea Suediei şi de 7% pentru poluarea Norvegiei şi Germaniei. De aici constatarea că problema poluării *"liber plutitoare"* ţine atât de domeniul politic, cât şi de cel ştiinţific. Se poate ca o ţară să aibă puţine fabrici care să producă elementele poluante încriminate şi, cu toate acestea, pădurile să-i fie decimate din cauza poluării datorate unei ţări vecine. Copacii din Olanda sunt la fel de atinşi de boli ca şi cei din Germania, însă numai 23% din bioxidul de sulf depozitat pe pământul olandez este produs înăuntrul ţării, în timp ce 26% vine, purtat de vânt, din Germania unde coşurile sunt mai înalte, iar restul de alţi vecini. În mod similar Italia este mai poluată decât poluează ea însăşi. ***Aproximativ 2 milioane tone de bioxid de sulf pătrund în Italia dinspre Elveţia, Austria şi Franţa, în timp ce Italia le trimite înapoi acestor ţări 1,7 milioane tone de poluanţi***.

O naţiune poate fi victimă sau vinovată în privinţa poluării, iar acesta este elementul care, de obicei, influenţează politica în raport cu standardele de poluare internaţionale. Victimele – mai ales ţările scandinave – fac de ani de zile eforturi pentru a aduce subiectul ploii acide în atenţia opiniei publice mondiale. Pe de altă parte, vinovaţii, cum ar fi Marea Britanie, ezită să adopte reglementări pentru combaterea poluării, deoarece s-ar vedea nevoiţi să facă investiţii fără să se bucure de beneficii deosebite.

S-au avansat totuşi o serie de iniţiative care să reduce emanaţiile de bioxid de sulf în atmosferă, cu 30% şi chiar cu 60%. Desigur, o reducere de o asemenea amploare ar purifica atmosfera. Dar costurile sunt foarte mari. ***Un studiu efectuat în CEE arată că numai controlul emanaţiilor de bioxid de sulf, la scara propusă, ar putea costa între 4,6 şi 6,7 miliarde de dolari anual***. Cea mai mare parte a acestui cost suplimentar ar deriva din echiparea coşurilor de uzină cu injectoare foarte costisitoare, care să împrăştie oxid de calciu alcalin în gazele de evaporare pentru a reduce conţinutul de sulf. Şi, cu cât o ţară poluează mai mult, cu atât sarcina sa financiară este mai mare.

Ameninţări pentru sănătatea omului. În 1775, în timpul *"revoluţiei industriale"* din Anglia, epidemiologul Percival Pot a identificat primul carcinogen produs de mediul înconjurător. El a descoperit un procent surprinzător de ridicat de cancer al scrotului printre hornarii britanici şi a identificat cauza în expunerea lor deosebit de ridicată la funingine. De atunci riscurile pentru sănătate ale poluanţilor din mediul înconjurător s-au răspândit larg în rândurile populaţiei. Aceeaşi poluanţi proveniţi din arderea combustibililor fosili care dăunează pădurilor şi culturilor agricole vatămă şi omul. Metalele eliberate în mediul înconjurător au devenit o preocupare

crescândă. Mai recent, proliferarea substanțelor chimice utilizate în agricultură, răspândite în aer şi ajunse din nou pe Pământ au adăugat noi dimensiuni riscurilor sănătății. Deteriorarea sănătății umane devine parte a prețului plătit pentru modificarea chimiei pământului.

1.4. Respectarea pragurilor naturale pentru exploatarea mediului

Prin prag natural se înțelege limita maximă admisă, în unități de măsură convenționale, de exploatare intensivă şi extensivă a mediului, astfel încât efectele negative ale dezechilibrului ecologic provocat de exploatarea intensivă şi extensivă a mediului să poată fi neutralizate pe cale naturală.

Uneori, un prag natural poate fi definit cu o oarecare precizie, iar consecințele încălcării acestui prag pot fi cunoscute cu destulă siguranță. De exemplu, dacă defrişarea de masă lemnoasă depăşeşte creşterea anuală a pădurilor, volumul arborilor vii se va diminua într-un raport direct proporțional cu măsura în care s-a depăşit nivelul de exploatare viabilă. În mod asemănător, în cazul pescuitului, în măsura în care cantitatea de peşte prins depăşeşte ritmul de înlocuire, volumul de peşte viu se va micşora treptat.

Având în vedere însă că unele dintre sistemele naturale se află în pericol, pragurile nu sunt chiar atât de bine definite, reacțiile sistemice față de depăşirea pragurilor nu sunt bine înțelese, iar consecințele unor asemenea încălcări sunt în mare măsură incalculabile. Mai mult, efectele depăşirii pragurilor ies acum la iveală în cadrul unor sisteme la scară continentală şi globală.

Identificarea pragurilor ecologice şi stabilirea momentului în care acestea sunt depăşite nu sunt sarcini uşoare. De exemplu, pentru a prevedea începutul degradării pădurilor ca rezultat al poluării, ar fi fost necesare cunoştințe detaliate asupra modului în care arborii reacționează la diferite niveluri de poluare şi asupra modului în care aceştia suportă efectul comun al solicitărilor naturale şi al poluanților, precum şi existența unui sistem bine pus la punct de urmărire a sănătății fondului forestier. O asemenea bogăție de date şi o asemenea profunzime în înțelegerea fenomenelor pur şi simplu nu există încă pentru majoritatea sistemelor naturale.

Incapacitatea de a recunoaşte pragurile şi a prevedea momentul în care acestea vor fi depăşite face ca eforturile în vederea atenuării dezechilibrelor în materie de resurse şi a tensiunilor ecologice să capete o însemnătate critică.

La identificarea pragurilor naturale este necesar să se ia în considerare ***circuitul biotic***[4] care se manifestă între componentele ecosistemelor de pe Pământ. Circuitul biotic a fost urmărit pentru apă, carbon, oxigen, azot, fosfor - substanțe de bază în asigurarea echilibrului

---

[4] Nestor Lupei, *Biosfera*, Ed. Albatros, Bucureşti, 1977

ecologic. Dintre acestea, se vor lua în considerare circuitul carbonului şi circuitul azotului.

Carbonul este elementul cel mai important al compuşilor organici şi, în general, în biomasă, fapt pentru care chimia organică mai este denumită şi chimia carbonului. Carbonul este introdus în corpul plantelor, prin dioxidul de carbon, în procesul de fotosinteză şi este fixat apoi în substanţele organice care alcătuiesc corpul tuturor plantelor şi al celorlalte organisme care compun lanţurile alimentare din ecosistem şi biosferă. Deci, din aer carbonul ajunge în plante şi din plante în animale. După moartea plantelor şi a animalelor, substanţele organice se descompun sub acţiunea bacteriilor şi a altor plante saprofite şi se ajunge la CO_2, H_2O şi săruri minerale, deci la materia anorganică de la care s-a pornit. Procese de eliberare a dioxidului de carbon se produc în tot timpul vieţii organismelor, în procesul de respiraţie.

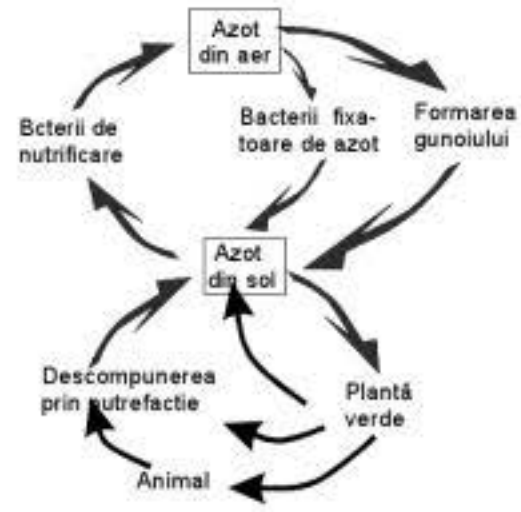


Fig.1.1. Circuitul azotului

Circuitul azotului are ca bază de pornire azotul atmosferic, care cu ajutorul bacteriilor fixatoare de azot ajunge în sol sau direct în rădăcinile leguminoaselor şi de aici în planta verde. Din plante, unde azotul intră în compoziţia substanţelor proteice, se întoarce în sol în mod direct prin corpul plantelor moarte, prin plantele heterotrofe şi prin animalele moarte. Toate aceste surse asigură materia organică a solului, necesară formării humusului şi nutriţiei bacteriilor din sol. Prin putrezire, azotul din materia organică ajunge în compuşi nitrici şi de aici fie în nutriţia minerală a plantelor, fie în atmosferă, ca azot gazos, figura 1.1.

Pentru analiza circuitului carbonului şi azotului, este necesar să prezentăm pe scurt fenomenele de nutriţie pentru speciile din biotic. Nutriţia este un fenomen esenţial în schimbul de materie şi energie a speciilor din biotic cu mediul înconjurător, asigurând creşterea organismelor până la talia caracteristică fiecărei specii. Când această talie este atinsă, organismele intră în faza de multiplicare, folosind un potenţial energetic asigurat tot prin fenomene de nutriţie, potenţial care se înmagazinează şi în oul şi seminţele viitoarei generaţii, pentru a asigura creşterea embrionară până la capacitatea urmaşilor de a-şi asigura existenţa prin puteri proprii.

Rezumând felul de nutriţie al organismelor, pot fi separate două mari categorii: autotrofe şi heterotrofe.

Organismele autotrofe îşi produc singure substanţa organică, necesară nutriţiei şi creşterii, prin ***fotosinteză*** şi ***chimiosinteză***.

Termenul ***fotosinteză*** a fost introdus în ştiinţă în 1898, de către *Charles R. Barnes* (1858-1910). Fotosinteza se realizează în cloroplaste, cu ajutorul clorofilei energizate de către lumină. Materia minerală necesară în actul de fotosinteză este dioxidul de carbon şi apa. Reacţia de fotosintetică se poate exprima, în mod sintetic, cu egalitatea:

$$6\ CO_2 + 6\ H_2O + 680\ 000\ cal. \leftrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$$

Trebuie reținut mecanismul unic, ingenios şi de mare randament, prin care carbonul din CO_2 este introdus în materia vie ca aliment şi substrat de creştere al tuturor vietăților prin care se eliberează oxigen, asigurând atmosferei proporția naturală de gaze respirabile.

Chimiosinteza este un mod de producere a substanțelor nutritive fără participarea energiei solare şi caracterizează unele bacterii. ***Energia*** necesară reacțiilor din celulă provine din procese exoterme care au loc în propriul lor corp. Se menționează următoarele specii de bacterii:

- *bacteriile nitrificante* care transformă, prin oxidare, amoniacul în acid azotos şi azotic, după reacțiile:

$$2\ NH_3 + 3\ O_2 \rightarrow 2\ NO_2H + 2\ H_2O + 2\ (79\ cal/mol)$$

$$2\ NO_2H + O_2 \rightarrow 2\ NO_3H + 2\ (18\ kcal/mol)$$

- *bacteriile sulfuroase*, care transformă hidrogenul sulfurat în sulf, acid sulfuros sau acid sulfuric:

$$2\ H_2S + O_2 \rightarrow 2\ S + 2\ H_2O + 2\ (63\ kcal/mol)$$

$$2\ S + 3\ O_2 + 2\ H_2O \rightarrow 2\ SO_4H_2 + 2\ (111\ kcal/mol)$$

- *ferobacteriile* care utilizează combinații reduse ale fierului şi manganului ca surse energetice:

$$4\ FeCO_3 + 6\ H_2O + O_2 \rightarrow 2\ Fe_2(OH)_6 + 4\ CO_2 + 4\ (14{,}9\ kcal/mol)$$

Organismele heterotrofe, care nu-şi pot crea substanța organică necesară nutriției. Sunt două categorii:

- *saprofite*, care se hrănesc cu materie organică moartă, de exemplu marea mulțime a bacteriilor putrefacției, hrănindu-se cu substanța cadavrelor de plante şi de animale, descompunând materia organică în H_2O, CO_2, NH_3, CH_4 şi săruri minerale;

- *parazite*, care trăiesc pe seama plantelor şi animalelor fie ca paraziți externi, fie ca paraziți interni, dar totdeauna nutrindu-se cu substanțe din corpul gazdei, pe care o stânjenesc în nutriție, în metabolism, creştere şi potențial vital, lăsând în corpul gazdei anumite toxine dăunătoare.

Animalele se încadrează în tipul de nutriție heterotrofe, în sensul că nu-şi pot pregăti singure hrana, ci o primesc de-a gata din regnul vegetal (animalele erbivore), din regnul animal (animalele carnivore), din mâluri şi alt detritus afânat, bogate în materie organică, microorganisme, ouă etc. (animale limicole, detrituvore). Multe animale ecto- sau endoparazite, pe lângă o gazdă definitivă, parazitează şi pe o gazdă intermediară.

Am prezentat aceste elemente ale ciclului biotic pentru a sublinia pe de o parte diferența dintre ecologia teoretică şi ecologia globală (economia mediului sau ingineria mediului), iar pe de altă parte pentru a sublinia necesitatea cunoaşterii pragurilor naturale.

Pentru prima situație, avem în vedere faptul că ecologia teoretică analizează aceste aspecte ale ciclului biotic luându-se în considerare capacitatea naturii de a-şi autoregla ciclul biotic. Relațiile dintre speciile din biotic şi dintre acestea şi mediul înconjurător se tratează, în ecologia teoretică, considerând omul ca o verigă în acest lanț de relații. În cazul ecologiei globale

omul este scos din acest cerc (spirală) considerându-se capacitatea acestuia de a influența, actualmente hotărâtor, ciclul biotic pe Terra. Omul îşi poate manifesta puterea distrugând tot ce este pe Pământ, inclusiv distrugerea acestuia prin fragmentare sau schimbarea axei de rotație, a orbitei etc.

Pentru a doua situație, considerând că omul acționează conştient în direcția progresului general al omenirii, se justifică necesitatea cunoaşterii limitelor de toleranță ale intervenției pentru a nu le depăşi. Dar, omul este lacom din fire. ***"Din punct de vedere biologic strict, omul e primul animal absurd,... singurul, căruia i se întâmplă să meargă contra instinctului de conservare"***. Se poate întâmpla ca din greşeală orice vietate să se accidenteze mortal dar ***"Sinuciderea ca act de opțiune conştientă şi deliberat voită, ca o soluție preferată, față de o viață nesuferită, e un act specific omenesc... Acest act radical contra vieții e relativ rar. Altele, mai benigne, care nu desființează complet sursa vitală, dar o micşorează treptat, sunt cu mult mai frecvente. Iată de pildă anumite intoxicații. Omul ştie perfect că opiumul, alcoolul, haşişul, morfina îl distrug. Şi cu toată luciditatea, încă din timpuri imemoriale, asiaticul ia opium, indianul din Peru mestecă frunze de coca ori kola, europeanul e ori tabagic ori alcoolic. El oferă printr-o iluzie trecătoare o sinucidere deghizată"***[5]. Dar mai departe scrie: "***Civilizația întreagă, ştiința şi religiile, tehnica şi arta, morala şi viața socială, nimic din toate astea nu e de găsit de-a gata, ci plăsmuit cu inteligență umană"***; să sperăm că omenirea va găsi, de fiecare dată, resurse pentru reducerea sau chiar eliminarea pericolului degradării mediului înconjurător.

Fiecare etapă istorică, fiecare generație umană îşi pune amprenta specifică asupra naturii şi a ansamblului peisajului umanizat, ca urmare a modului diferit în care se desfăşoară relațiile omului cu natura locurilor. Caracteristicile epocii contemporane sunt date de dezvoltarea tehnică, economică şi politică a societății umane. Unul dintre aspectele de ansamblu este cel al omenirii ajunse într-un stadiu înaintat de civilizație, care, prin puterile date de tehnica contemporană, domină natura în manifestările ei obişnuite (nu şi în cele excepționale, cum sunt cutremurele, erupțiile vulcanice de amploare, uraganele de felul taifunurilor sau tornadelor, marilor inundații). Dar tocmai din cauza amplificării puterii omului, societatea efectuează imixtiuni hotărâtoare în transformarea naturii locurilor.

O caracteristică esențială a vremurilor noastre este creşterea accentuată a populației, care, la intrarea în noul mileniu creştin, a depăşit cifra de şase miliarde de locuitori ai Terrei. Înmulțirea în asemenea ritm a populației a făcut necesară asigurarea unor cantități tot mai mari de produse agroalimentare. Ca urmare, s-a impus trecerea de la începutul secolului al XX-lea la agricultura intensivă de mare randament. Dar, cu toate măsurile ce se pot lua pentru creşterea producției agroalimentare, specialiştii consideră că nu se poate depăşi 2,0 miliarde de tone.

---

[5] Mihai Ralea, *Scrieri (1 – Explicarea omului)*, Ed. Minerva, Bucureşti, 1972

Paralel, industria a realizat, în ultima perioadă istorică, creşteri deosebit de importante. Aceasta a făcut necesar un consum tot mai mare de combustibili şi de minereuri metalifere şi nemetalifere, de lemn etc. Producția de petrol a lumii, de exemplu, a crescut de 50 de ori în ultima sută de ani. Unele terenuri petrolifere vestite în primele decenii ale secolului al XX-lea s-au epuizat şi au fost părăsite cu pământuri răvăşite, inutilizabile, sau continuă cu producții de neluat în seamă. Altele le-au luat locul. S-au atacat prin sonde şi platformele de litoral, unele țări ajungând să exploateze de sub ape cantități însemnate de țiței (Marea Britanie, Norvegia, Venezuela, România etc.).

La fel s-au intensificat în timp exploatările de minereu de fier (de la 212,9 milioane tone în 1937, la 788 milioane tone în 1977 şi peste un miliard tone în anul 2010). Se remarcă, de asemenea, restrângerea accentuată a suprafețelor forestiere, a savanelor şi stepelor prin procesul numit în ultima vreme de "deşertificare".

Se observă aşa dar depăşirea accentuată a unor praguri limită care afectează echilibrul ecologic.

CAP.2. BIOS ŞI ECOLOGIE

"Viul şi neviul sunt forme diferite ale aceleiaşi materii universale".

Ernst Haeckel

2.1. Ce este viaţa ?

Viaţa este o formă superioară de mişcare a materiei (sau mişcare biologică), aşezată în ierarhia formelor de mişcare, după mişcarea chimică şi apărută evolutiv pe baza existenţei macromoleculelor proteice şi acizilor nucleici. Însuşirile fundamentale care definesc viaţa sunt: metabolismul, autoreproducerea, reactivitatea, integrarea, variabilitatea, evoluţia, autoreglarea. Viaţa este, pe de o parte, producere dinamică de ordine, însoţită mereu de dezintegrarea ordinii, de traversare a haosului, iar, pe de altă parte, viaţa este dezintegrare. Viaţa apare numai în cadrul indivizilor biologici, de la bacterii la om, în afara acestora nu poate exista.

Unii biologi, biochimişti şi biofizicieni, printre care Jean Rostand[1] (1894-1977), admit că "*fenomenul vieţii este legat de un anumit aranjament structural, de un mod de organizare extrem de complex al materiei: când această organizare, când acest aranjament este realizat, atunci se manifestă proprietăţile pe care le numim vitale. **Problema vieţii este**, aşadar, **în esenţă, o problemă de formă, de structură***".

Dependenţa problemei vieţii, a organismelor vii, de forma şi structura materiei, rezultă din faptul că izvorul materiei organice şi al materiei vii este materia minerală, materia anorganică de la suprafaţa planetei. În cadrul vieţii, materia moartă se ordonează în structuri extrem de complexe, care pot transmite mai departe, prin legi ereditare, schemele de ordine. Elementele biofile (prezente în lumea vie) se află în întregul univers, dar în raporturi cantitative diferite faţă de cele de pe planeta noastră şi chiar în sistemul solar. În compunerea materiei vii intră aproximativ 35 de elemente[2], între care cele mai importante sunt: oxigenul (78%); carbonul (10%); hidrogenul (10,5%). Acestea, laolaltă, reprezintă 98,5% în compunerea materiei vii. Restul de 1,5% este reprezentat prin 13 metaloizi (azot, sulf, fosfor, siliciu, bor, clor, brom, iod etc.) şi prin 17 metale (calciu, sodiu, fier, magneziu, vanadiu, litiu, cobalt, crom, bariu, stronţiu ş.a.). În afara lor, au mai fost identificate, ca urme, în mod sporadic, încă circa 25 de elemente, o categorie a ultramicroelementelor. Dintre elementele menţionate mai sus, unele, în stare elementară şi în amestec de combinaţii simple, au existat în atmosfera primară a planetei; altele s-au aflat sub forma dizolvată în apele Oceanului Planetar, cum şi sub formă solid-cristalină (potenţială) în rocile de la suprafaţa litosferei. Relaţiile materiei vii cu mediul înconjurător au la bază

---

[1] Jean Rostand, *La vie*, Ed. P. Larousse, Paris, 1962

[2] Nestor Lupei, *Biosfera*, Ed. Albatros, Bucureşti, 1977

necesitatea menținerii proporției, formei şi structurii elementelor componente ale materiei vii, evident, în anumite limite de toleranță, admise de menținerea vieții. Schimbul de materie şi energie a organismelor cu mediul înconjurător are tocmai acest scop.

Poate că cea mai bună cale de abordare ştiințifică a bioticului este de a se readuce biologia la stadiul de a examina viața în formele ei cele mai simple; s-o faci să vadă viața când este încă incertă, când viul se deosebeşte prea puțin de neviu. Grație echipamentelor ştiințifice tot mai sofisticate, puse la dispoziție de progresul tehnic, specialiştii în biologie moleculară "văd" astăzi din ce în ce mai bine; şi cu fiecare treaptă de mărire e tot mai limpide că nu există, în principiu, nici o discontinuitate între materia vie şi cea nevie, între biotic şi abiotic.

Pe măsură ce se clarifică structura şi comportarea moleculelor, devine evident că organismele vii pot fi descrise cel mai bine ca materie nevie care s-a organizat într-un mod bine determinat şi aparte. Cercetările încep să se focalizeze astăzi asupra acestui "mod aparte" şi arată că el este, în mare măsură, o chestiune de grad. În natură sunt prezente toate treptele posibile de organizare intermediară între ceea ce considerăm abiotic şi ceea ce definim viu, fiind imposibil să tragi o linie de demarcație în acest spectru şi să spui: viața începe aici !

Substanța în care se organizează viața este materia organică alcătuită din compuşii carbonului. Din cele o sută şi ceva de elemente chimice cunoscute astăzi, carbonul este singurul capabil să se combine cu el însuşi, spre a forma nişte conglomerări imense, de mii de atomi, numite macromolecule. Cele mai banale sunt proteinele care reprezintă circa jumătate din masa oricărui organism deshidratat. În corpul uman se află peste o sută de mii de proteine de diverse tipuri, dar, lucrul acesta nu este nici de cum specific omului. Proteinele constituie textura oricărei forme de viață, fie că este vorba de specii de floră, fie de om, cam acelaşi tip de proteine conlucrează pentru a controla viteza reacțiilor chimice sau pentru a supraveghea toate procesele de creştere, iar toate aceste proteine se formează sub ochiul vigilent al unei mici grupări de macromolecule înrudite care transmit planul de organizare din generație în generație.

Pe Pământ, materia vie apare şi este organizată (după criteriul complicării structurale) într-o succesiune de niveluri şi ierarhii. Astfel, Mario Bunge[3] menționează existența, din punct de vedere biotic, a şase nivele structurale: B_1 – nivel celular = mulțimea tuturor celulelor; B_2 – nivel organal = mulțimea tuturor organelor; B_3 – nivel organismic = mulțimea tuturor organismelor; B_4 – nivel populațional = mulțimea tuturor populațiilor; B_5 – nivel ecosistemic = mulțimea tuturor ecosistemelor; B_6 – nivel biosferic = mulțimea tuturor biosferelor.

Necesitatea definirii treptelor structurale ale bioticului rezultă din faptul că, dese ori, este greu de găsit o definiție satisfăcătoare a individului, pe cât este de greu de găsit una a speciei. Astfel, unii zoologi sugerează că albina, de

---

[3] Mario Bunge, *Ştiință şi filozofie*, Bucureşti, Ed. Politică, 1984

exemplu, n-ar fi un organism ci un concept, complet artificial, al omului. Statut de organism are stupul. Dacă aşa stau lucrurile oare atunci când o albină lucrătoare este ucisă ea a murit într-adevăr sau s-a pierdut o părticică din stup, de care acesta se putea dispensa ? Există motive întemeiate să se considere stupul de albine sau termitiera drept organisme de sine stătătoare. Albinele lucrătoare individuale sau termitele sunt sterile, fiind tot atât de incapabile de reproducere ca şi celulele roşii din sânge. Au, în fond, exact acelaşi rol de comis-voiajori şi tot atât de puține şanse de supraviețuire independentă ca şi celulele roşii izolate. Şi atunci, cine posedă identitate individuală – albina sau stupul ? Iar dacă stupul este un organism, îi depinde viața de numărul albinelor lucrătoare componente care supraviețuiesc ? Câte albine se pot înlătura dintr-un stup astfel încât să se poată spune că stupul n-a murit ? Este posibil ca soluția acestei dileme să coincidă cu cea referitoare la celulele unui trup – anume că viața şi moartea coexistă şi că definiția fiecăreia, ca să aibă vreun sens, trebuie să le cuprindă pe amândouă.

Posibilitatea existenței organismelor sociale şi a identității de grup ridică o altă problemă. Să presupunem că o forță exterioară distructivă dezmembrează stupul fără să ucidă nici o albină, răspândindu-le doar în mediul înconjurător. Stupul a dispărut, dar oare organismul a murit ? Dacă nu a murit, ce se poate spune atunci când albinele împrăştiate vor fi găzduite în alte stupuri, intrând în alcătuirea lor ? Dacă un lup ucis şi mâncat de alt lup, se spune că a murit; dar nu cumva se greşeşte ? Dilema se adânceşte. Unde se refugiază viața atunci când componentele sale se restructurează ? Nu este vorba doar de o problemă filozofică. O dată cu apariția transplantului de organe, ea a devenit o problemă morală şi juridică de prim ordin.

Viața este ornamentul deosebit al planetei Pământ, care a creat posibilitatea acordării acesteia denumirea de Planeta vie.

Convențional, viața se divide în două mari regnuri; vegetal şi animal sau floră şi faună. S-a convenit ca modul de nutriție să constituie principalul criteriu de deosebire dintre cele două regnuri. Astfel, se consideră că regnul vegetal, flora, are o nutriție anorganică, iar regnul animal, fauna, are nutriție organică procurată direct din floră, din plante (erbivorele) sau de la alte specii de faună (carnivorele). Fără îndoială că şi în acest caz excepțiile confirmă regula, unele specii din faună folosind hrană anorganică cum ar fi sarea şi apa, dar aceste substanțe nu formează partea de bază a nutriției. De asemenea, sunt specii din floră care, similar animalelor, exclusiv sau parțial, se hrănesc cu substanțe organice, cum ar fi plantele saprofite, parazite şi cele carnivore, cu hrănire autotrofă.

Ansamblul vieții pe scoarța pământului, cu multitudinea de forme sub care poate fi întâlnită constituie învelişul viu al pământului, numită ***biosferă***. ***Biosfera cuprinde numai învelişul vitalizat al Pământului****, adică numai partea crustei terestre locuită de organisme; altfel spus,* ***biosfera cuprinde totalitatea ecosistemelor de pe Pământ***[4]. Unitatea fundamentală

---

[4] Bogdan Stugren, *Ecologie teoretică*, Casa de editură "Sarmis", Cluj-Napoca, 1994, p.36.

a biosferei, cea în care se desfăşoară interrelaţiile dintre componentele vii şi cele nevii ale mediului, o reprezintă ***ecosistemul. Ecosistemele sunt unităţi funcţionale ale biosferei***, *construcţii eterogene cu limite în spaţiu şi timp*[5]. Un ecosistem este "*...un ansamblu de elemente care se găsesc în interacţiune formând un tot unitar, ale căror proprietăţi sunt superioare sau calitativ altele, decât suma caracteristicilor elementelor constitutive*"[6]. În sensul Legii nr.137/1995, prin ecosistem se înţelege: "*Complex dinamic de comunităţi de plante, animale şi microorganisme şi mediul lor lipsit de viaţă, care interacţionează într-o unitate funcţională*".

În cadrul ecosistemului se distinge o componentă vie – *biocenoza* – reprezentată de organismele vegetale şi animale asociate pentru trai şi componenta nevie – *biotopul* – (mediul abiotic) în care îşi desfăşoară activitatea biocenoza respectivă. "*Biocenoza este un subsistem biologic, biotopul un subsistem primar anorganic*"[7]. ***Organismele care alcătuiesc o biocenoză se pot grupa în producători de material organic viu (plantele), consumatorii acestuia (animalele) şi descompunătorii (bacteriile şi ciupercile) care degradează substanţele organice ale organismelor moarte***. Aceste trei categorii de organisme sunt legate între ele prin raporturi numeroase şi complicate atât directe cât şi indirecte, cele mai importante fiind cele determinate de modul de hrănire (deci, relaţiile trofice).

Procesele principale care condiţionează existenţa biocenozei sunt cele de sinteză, transformare şi descompunere a materiei vii. La nivelul ecosistemului se desfăşoară un schimb neîncetat de materie şi energie cu mediul înconjurător, un flux care trece prin diferite verigi ale ecosistemului cu viteze şi intensităţi diferite, specifice. În acest proces de schimb permanent de materie şi energie cu mediul înconjurător, în cadrul biocenozei, iau parte aproximativ 500 000 de specii de plante şi circa 1 500 000 de specii din faună, menţionate de biologi.

Evoluţia vieţii se manifestă ontogenetic (pe baza proceselor de evoluţia a unei fiinţe, începând de la embrion şi până la stadiul de adult) şi filogenetic (pe baza proceselor de evoluţie a formelor organice ale unei specii ori ale unui grup de animale sau plante); evoluţia filogenetică constituie expresia cea mai caracteristică a dezvoltării generale a materiei vii. Ca rezultat al evoluţiei filogenetice a vieţii pe Pământ, au apărut psihicul şi forma specială de mişcare a materiei. Ca urmare, se poate vorbi în continuarea vieţii biologice, de o viaţă psihică şi de o viaţă socială şi culturală. Esenţa vieţii umane decurge în cadrul social în care se desfăşoară şi care o modelează. Ca rezultat al apariţiei psihicului şi al societăţii, individul biologic a devenit suportul persoanei (sau personalităţii) umane, iar viaţa biologică a omenirii, suportul vieţii sale sociale şi culturale. Ca atare, se poate da termenului viaţă atât un înţeles strict biologic, cât şi un înţeles larg, social, care cuprinde toate manifestările vieţii umane, individuale şi colective.

---

[5] Bogdan Stugren, *Idem*, p.82.

[6] Alexandru Ionescu, *Un compendiu de ecologie*, În "Ecologie şi protecţia mediului", Universitatea «Ovidius» Constanţa, 1994, p. 22 – 47.

[7] Bogdan Stugren, *Idem*, p.83

2.2. Ce este ecologia ?

Ecologia este definită ca fiind ştiința care are ca obiect studiul interdependenței dintre organismele vii (plante şi animale), între ele şi legătura dintre organisme cu mediul fizic[8].

Dar cum a apărut acest domeniu ştiințific ? În 1859, celebrul naturalist englez Charles Darwin (1809-1882) îşi publică, la Londra, lucrarea: "On the Origin of Species by Means of Natural Selection" (Originea speciilor prin selecția naturală).

Lucrarea lui Charles Darwin a stârnit multe discuții la care au participat oameni politici, de cultură, teologi şi, evident, biologi. Printre cei din urmă s-a aflat şi zoologul german, profesor la Universitatea din Jena, Ernst Haeckel (1834-1919), care, în 1866 publică o lucrare referitoare la unele probleme tratate de Charles Darwin în lucrarea sa, introducând termenul de *ecologie,* cu proveniență din combinarea a două cuvinte greceşti: ***oikos*** = ***casă*** şi ***logos*** = ***ştiință***. În lucrarea respectivă, Ernst Haeckel defineşte şi obiectul noii ştiințe ca fiind "***domeniul de cunoştințe privind economia naturii – investigarea tuturor relațiilor animalelor cu mediul lor anorganic şi organic***".

Trebuie menționat că, în continuare, Ernst Haeckel nu s-a ocupat direct de cercetării în domeniul ecologiei, însă, a imprimat dorința de cercetare în acest domeniu la elevii săi, printre care s-a aflat şi marele om de ştiință român – Grigore Antipa. Grigore Antipa (1867-1944) şi-a elaborat teza de doctorat sub îndrumarea savantului german Ernst Haeckel, fiind unul din preferații acestuia, justificat prin faptul că din cele trei calificative "*magna cum laude*" acordate de Ernst Haeckel la doctoranzii săi, unul a aparținut lui Grigore Antipa.

2.3. De la ecologia teoretică la ecologia globală

În prima fază de dezvoltare, ecologia a debutat sub semnul paradigmei darwiniste a selecției naturale şi a luptei pentru existență, cu un concept comprehensiv care explica şi ordona datele istoriei naturale a plantelor şi animalelor, până atunci o colecție de observații empirice. Potrivit semnificației inițiale, ecologia era considerată disciplină biologică a interacțiunilor sistemelor vii cu mediul, disciplină care poate fi denumită drept ecologie teoretică sau fundamentală ce stă la baza ecologiei aplicate din zilele noastre.

În a doua parte a secolului al XX-lea, mai precis, după anul 1960, ***în ecologie se conturează o nouă orientare, modernă, cea de abordare sistemică globală, care ia în considerare influența deosebită a activității umane asupra ecologiei sistemice***. Această nouă orientare a fost

---

[8] Nestor Lupei, *Biosfera*, Ed. Albatros, Bucureşti, 1977, p.176-177.

conturată mai ales de preocupările specialiştilor din domeniul artefactelor care şi-au dat seama de influența deosebită a activităților productive asupra ecologiei sistemice. ***Din impactul ingineriei cu ecologia tradițională, teoretică, a rezultat o știință nouă "cu pregnant profil ecologic: ingineria ecologică a mediului" (Bogdan Stugren). În noua știință: "Mediul natural este conceput ca o construcție tehnică, amenajată. Omul devine nu numai un exploatator al mediului, ci şi un constructor al mediului, un fel de inginer al biosferei" (Bogdan Stugren)***.

Lărgirea orizontului ecologiei a avut drept consecință şi apariția tendinței de lărgire a sferei sale obiectuale şi a metodelor de cercetare. A apărut un concept nou despre ecologie, acela de ***ecologie globală***[9].

"Ecologia globală este identificată cu știința mediului înconjurător, care cuprinde studiul tuturor fenomenelor legate de relația omului cu mediul său vital... Printre sistemele pe care le studiază ecologia globală, componentul biologic este foarte redus ca volum. Ecologia globală nu este o știință biologică, ci o știință de sinteză, polidisciplinară, bazată în primul rând pe geografia fizică, concepută ecologic. Sfera ecologiei globale cuprinde societatea umană în contextul biosferei şi a întregului înveliş geografic al planetei" (Bogdan Stugren). A se reține faptul că ecologia globală studiază "*relația omului cu mediul său vital*"; în ecologia teoretică omul este considerat ca o specie în lanțul de viețuitoare, în ecologia globală este considerat omul pe de o parte, iar pe de altă parte mediul înconjurător.

Ecologia în sens tradițional, teoretic, este o știință a sistemelor biologice supraindividuale, a sistemelor complexe de tip biotic plus abiotic din biosferă. Omul ca forță activă în biosferă sau ca un component al biosferei, nu era luat în considerare ca element cu o poziție specială în lanțul interactiv al speciilor din biotic, ci ca o specie oarecare. În ecologia globală, care are în centrul preocupărilor sale obiectuale mediul înconjurător, planetar, tratează problemele de conținut ca relație om – biosferă.

Având în vedere cele de mai sus, se poate spune că "***Ecologia generală este temelia teoretică pentru intervenția rațională a omului în funcționarea biosferei, pentru ocârmuirea proceselor biologice de pe suprafața Pământului; este un corp de principii pe baza cărora au fost elaborate numeroase discipline aplicative ca: protecția mediului, ocrotirea monumentelor naturii, arhitectura landşaftului, agroecologia, ecologia forestieră, ecologia pescuitului ş.a.***

Extinderea obiectului ecologiei asupra întregului mediu de viață a omului înglobează şi domenii extrabiologice. În acest mod s-a constituit o ecologie globală, care nu mai este o disciplină biologică, ci o disciplină interdisciplinară. Aici este cuprinsă şi ecologia omului, o disciplină medicală, dar cu implicații social-economice. Prin această lărgire a sferei ecologiei, aceasta devine un fel de «supraştiință», greu de

---

[9] Budâco M.I., *Globalnaia ekologhiia*, Izd. Mâsl., Moskva, 1977

definit, cu obiect şi metodologie diluată"[10]. În ecologia teoretică sau fundamentală specia umană era o componentă vie la fel ca orice altă specie de vietăți din mediu; în ecologia globală se ia în considerare, pe de o parte, specia umană, cu capacitatea sa de a interveni în mediu, iar pe de altă parte toate celelalte elemente ale bioticului şi abioticului afectate de impactul speciei umane cu mediul înconjurător.

2.4. Omul şi mediul înconjurător

În ecologia teoretică sau fundamentală, în cercetările asupra mediului înconjurător se dă o mare importanță noțiunii de *biotop*, unitate spațială în cadrul căreia specii diferite sunt asociate în simbioză. Între mediul "*natural*" al animalului şi mediul "*cultural*" al omului, distincția este relativă. Dar, oamenii nu realizează doar instinctiv propriul lor mediu înconjurător, ei fac acest lucru conştient, urmând un proiect care le este propriu, imaginat prealabil, în funcție nu de trebuințele lor, ci şi de aspirațiile lor.

Oamenii şi grupurile pe care le formează sunt înglobați în structura de ansamblu a societății lor. Ei folosesc cadrul natural şi îl transformă pentru a putea să-şi ocupe locul într-un sistem de relații sociale şi de comunicare de care depind, contribuind în acelaşi timp în mod constant la modificarea lui. Dar nici individul uman, nici grupul nu pot fi reduşi din acest motiv la nişte sisteme de relații. Comportamentele, motivațiile, tendințele oamenilor şi grupurilor sunt observate atât în cadrul mediului înconjurător, cât şi al mediului social în sânul unei societăți. De aceea, este justificat ca la analiza ecologică a mediului, acesta să fie considerat, pe de o parte, ca mediu înconjurător, fizic, iar pe de altă parte, ca mediu social-uman.

În mediul înconjurător şi în mediile sociale, mereu în curs de schimbare, asupra indivizilor şi a grupurilor se exercită diferite tipuri de constrângeri. Constrângerile materiale ale mediului înconjurător nu sunt independente de constrângerile sociale. Mediul înconjurător este organizat în acelaşi timp în funcțiile de noile tehnici, de noile moduri de producție, ca şi de sistemele de reprezentări şi de valori pe care reprezentanții claselor dominante le proiectează prin planurile pe care ei le impun. Stăpânirea mediului înconjurător este o formă a puterii. Cei care o posedă orientează comportamentele tuturor oamenilor dintr-o societate. Astfel, suma constrângerilor care apasă asupra indivizilor şi a grupurilor în mediul înconjurător şi în mediile lor sociale şi care-i împiedică să capete conştiința propriilor aspirații şi să le exprime are o dublă origine: tehnică şi socială.

Dar, ce este poluarea ? Cuvântul *poluare* vine din latină, *polluo-ere* şi înseamnă *a murdări, a pângări, a profunda*. El vrea să desemneze o acțiune prin care omul îşi degradează "*îşi murdăreşte*" propriul său mediu de viață. În *Dicționarul Enciclopedic Român* se defineşte poluarea ca fiind "*Impurificarea atmosferei (cu particule de praf, gaze sau vapori produse artificial) sau a apelor*

---

[10] Bogdan Stugren, *Ecologie teoretică*, Casa de Editură "Sarmis", Cluj-Napoca, 1994

naturale de suprafață sau subterane (cu ape uzate, menajere, industriale etc.)"; este o definiție cu totul aproximativă. În martie 1961, o conferință a unor experți, la Geneva, dădea următoarea definiție poluării apei: "*Un curs de apă este considerat poluat dacă compoziția chimică sau starea apelor sale sunt modificate direct sau indirect ca urmare a activității umane într-o asemenea măsură, încât ele se pretează mai greu la toate utilizările pe care le-ar putea avea, sau la unele dintre ele, dacă ar fi în stare naturală*". Şi această definiție, deşi are un aspect global în cazul apelor şi atrage atenția asupra responsabilității omului, rămâne vagă, imprecisă şi contestabilă. Este vagă în sensul că nu defineşte diferitele trepte de degradare a apelor şi nici nu precizează multitudinea punctelor de vedere în acest domeniu. Ea este contestabilă în sensul că omul şi activitatea lui economică nu sunt singure răspunzătoare pentru poluare. De fapt, toate definițiile întâlnite sunt contestabile, dat fiind complexitatea obiectului la care se referă.

În sensul Legii nr.9/1973 (art.5), prin poluare se înțelege: "*acele acțiuni care pot produce ruperea echilibrului ecologic*" sau "*pot dăuna sănătății, liniştii şi stării de confort a oamenilor*" ori "*pot produce pagube economiei naționale, prin modificarea calității factorilor naturii sau creați prin activități umane*". În sensul Legii nr.137/1995, prin echilibru ecologic se înțelege: "*Ansamblul stărilor şi interrelațiilor dintre elementele componente ale unui sistem ecologic, care asigură menținerea structurii, funcționarea şi dinamica armonioasă a acestuia*".

În Regulile de la Montreal, din 1982, aplicabile poluării transfrontiere, prin poluare, în general, se înțelege (art.1): "*orice introducere de către om în mediu, direct sau indirect, a unor substanțe sau energii cu efecte vătămătoare, de natură să pună în pericol sănătatea omului, să prejudicieze resursele biologice, ecosistemele şi proprietatea materială, să diminueze binefacerile sau să împiedice alte utilizări legitime ale mediului*".

Dar ce este poluantul ? *Poluantul este un factor care aflat în mediu, în cantități ce depăşesc limita de toleranță a uneia sau mai multor specii de viețuitoare, împiedică înmulțirea sau dezvoltarea normală a acestora, printr-o acțiune toxică.*

În sensul legii nr.137/1995, prin poluant se înțelege: "*Orice substanță solidă, lichidă, sub formă gazoasă sau vapori sau formă de energie (radiație electromagnetică, ionizantă, termică, fonică sau vibrații) care, introdusă în mediu, modifică echilibrul constituenților acestuia şi al organismelor vii şi aduce daune bunurilor materiale*".

CAP.3. TERMODINAMICA ŞI BIOSISTEMELE

"Întregul proces fizic al mediului înconjurător material este entropic".
Nicholas Georgescu-Roegen

3.1. Ce sunt biosistemele

Conceptul de biosistem, ființă vie sau organism, îşi manifestă intens prezența în discursul cotidian, în ştiința pură şi aplicată, în ştiințele umaniste de la biologie până la biotehnologii şi de la ştiințele sociale până la filozofie. După cum se observă, conceptul de biosistem se compune din două cuvinte: *bios* şi *sistem*. În capitolul precedent a fost definit *bios*-ul. De aceea, înainte de a defini conceptul de *biosistem* se va defini şi termenul de sistem.

Sistemele sunt complexe de elemente, care se află într-o permanentă interacțiune între ele şi se prezintă ca întreguri.

Sistemul este un concept prin care se delimitează câmpul în cadrul căruia se cercetează procesul obiectiv de conducere. ***Conducerea este prezentă în orice sistem***. ***Cu ajutorul proceselor de conducere sistemul se apără de creşterea entropiei şi se reorganizează continuu, îşi reconsideră starea entropică, luând măsuri de reducere a ei***. În această situație este vorba de unicitatea a două concepte diferite; în timp ce noțiunea de sistem este gnoseologică, cea de conducere este ontologică.

Prin conceptul de sistem se determină câmpul, baza obiectivă, structurală şi temporal-spațială ca proces propriu lumii obiective.

Însă, aşa cum arată Max Planck (1858-1947), Werner Karl Heisenberg (1901-1976), Louis Victor de Broglie (1892-1987), lumea are o structură cuantică, adică este formată din porțiuni, din cuante de substanță, de energie şi de informație şi atunci, se poate spune că, sistemul reprezintă cuanta organizatorică a lumii[1].

Toate aceste sisteme au nişte caracteristici generale. Ele sunt formate dintr-o mulțime de elemente aflate într-o interacțiune şi au nişte proprietăți emergente, pe care nu le găsim la elementele din care sunt formate şi toate se comportă unitar şi integral în relațiile lor cu mediul.

Un fenomen, un obiect sau un proces devin sisteme numai în cadrul procesului de cunoaştere. Deci, pentru a avea un sistem trebuie mai întâi să existe un obiect, un fenomen sau un proces. În al doilea rând, este nevoie de un subiect, adică de om (sau altceva care serveşte cunoaşterii umane) şi, în al treilea rând, este nevoie de un scop al

---

[1] Adrian Restian, *Unitatea lumii şi integrarea ştiințifică sau INTEGRONICA*, Ed. Ştiințifică şi Enciclopedică, Bucureşti, 1989

cunoaşterii. Conform acestor condiţii, rezultă că pentru a examina un fenomen ca sistem trebuie separat de alte fenomene şi individualizat ca pe un lucru independent, definit riguros.

Teoria sistemelor este un foarte bun instrument de abordare a lumii. Cu ajutorul ei se poate distinge un sistem de celelalte sisteme. Se poate studia ordinea, organizarea şi complexitatea lui. Se poate clasifica într-una din clasele cunoscute, se poate recunoaşte ca simplu sau complex, determinist sau probabilist, liniar sau neliniar etc. Însă, va rămâne mereu ceva care scapă teoriei generale a sistemelor, care nu poate fi formalizat şi care reprezintă tocmai particularitatea şi individualitatea sistemului respectiv. Acest fapt devine cu atât mai evident, cu cât sistemul este mai complex de unde reducerea continuă a posibilităţii descrierii exacte a unui sistem odată cu creşterea complexităţii, până la un nivel dincolo de care precizia şi relevanţa se exclud reciproc.

Dar, lumea nu este numai extrem de diversă, ci şi extrem de unitară în toată diversitatea ei. Fiecare sistem este, de fapt, un subsistem al unui sistem de ordin superior, adică nici un sistem nu poate fi absolut independent. El poate fi identificat ca sistem doar pentru că între elementele lui există legături mai puternice decât între acestea şi elementele din mediu. Oricât de independent ar fi un sistem, în realitate nu poate fi vorba decât de o independenţă relativă, deoarece el este integrat, împreună cu celelalte sisteme, cu care se află în interacţiune, într-un sistem mai mare.

Scopul cercetării determină graniţele obiectului, fenomenului sau procesului, care este separat de restul lumii; abia atunci este privit ca sistem. Principalul criteriu de stabilire a limitelor oricărui sistem este obiectivul cunoaşterii sau al cercetării. În acest context, organismele devin sisteme biologice pornind tocmai de la obiectivul cercetării impactului acestora cu mediul înconjurător.

Între elementele constitutive ale sistemului se creează şi există anumite conexiuni. Conexiunea reprezintă un anumit raport între elemente, care le reuneşte în cadrul funcţionării sistemului. Conexiunile pot fi legături cauzale sau legături de coordonare a funcţiilor, succesiuni sau simultaneităţi sau raporturi de subordonare care nu exprimă relaţii cauzale etc. Conexiunile reunesc elementele într-un tot (în raport cu funcţionarea sistemului) şi în felul acesta delimitează sistemul respectiv de toate celelalte. Conexiunile stabilesc limitele sintezei anumitor părţi ale unui fenomen într-un sistem. Elementele reprezintă sistemul prin intermediul conexiunilor. Prin conceptul de conexiune se pune în evidenţă şi interdependenţa oricărui sistem cu oricare alt sistem. Aceste conexiuni nu sunt conexiuni de sinteză, de reunire a elementelor, ci conexiuni externe ale ansamblului definit de sistem. Orice sistem definit este definit univoc în timp şi spaţiu. Datorită acestui fapt orice sistem se află într-o anumită interdependenţă cu mediul exterior.

În raport cu mediul exterior, orice sistem are o intrare, o ieşire, o comportare şi o schimbare a modului de comportare, care îmbogăţeşte analiza funcţională a sistemului şi funcţiunii. Intrarea unui sistem se numeşte dispozitivul prin care se recepţionează acţiunile externe, iar ieşirea este dispozitivul prin care sistemul acţionează asupra altor sisteme. Trebuie să

remarcăm faptul că intrarea exprimă şi acțiunea reciprocă internă dintre elementele sistemului respectiv.

Comportarea sistemului reprezintă toate acțiunile pe care le întreprinde sistemul sau de modificare a caracteristicilor ieşirii şi prelucrării informației. Comportarea este rezultatul direct al conducerii sistemului ca proces de obținere, de recepționare, prelucrare şi transmitere a informației. Eficiența oricărei comportări se măsoară prin orientarea comportării, conform scopului urmărit. Orice sistem are un raport cu el însuşi, o structură, o stare, un calendar, un repertoar şi o transformare.

Structura reprezintă o ordine calitativ determinată, relativ stabilă de conexiuni interne între elementele unui sistem.

Toate sistemele sunt organizate pe mai multe niveluri, pentru că elementele lor constitutive sunt formate, la rândul lor, din alte elemente, adică sunt, de fapt, nişte subsisteme. De exemplu, celula este formată dintr-o mulțime de macromolecule, formate la rândul lor din molecule, moleculele din atomi, atomii din nuclee şi electroni, nucleele din protoni şi neutroni, protonii şi neutronii din quarkuri şi aşa mai departe, adică fiecare reprezintă, la rândul lor, nişte sisteme, care fac parte dintr-un sistem de ordin superior.

Fiecare nivel de organizare a materiei este alcătuit, deci, ***dintr-o mulțime de subsisteme***. Şi, pentru că ***orice subsistem de ordin superior este compus dintr-o mulțime de subsisteme de ordin inferior***, structura sistemică a lumii se realizează prin intermediul unui proces de superizare. Prin intermediul procesului de superizare, ***subsistemul de ordin superior dobândeşte proprietăți emergente, adică proprietăți care nu aparțin subsistemelor din care este format, ci derivă din interacțiunea dintre ele***. Fiecare nivel de organizare a materiei conține o mulțime de subsisteme, care sunt alcătuite şi ele, la rândul lor, din nişte subsisteme ce aparțin nivelului subiacent.

Deoarece informația este expresia ordinii şi a organizării, fiecare sistem care reprezintă o unitate organizatorică cuprinde, pe lângă substanța şi energia din care este format, şi o anumită informație.

Desigur că nu toate sistemele conțin aceeaşi cantitate de informație. Există sisteme, cum ar fi nucleele atomice formate din hadroni (particule grele, legate prin forțe puternice), în care predomină substanța şi energia. Dar există şi sisteme, cum ar fi particulele uşoare sau fotonii, care nu au masă, sau acizii nucleici (în care este stocată informația genetică), în care aspectul informațional este predominant.

În opoziție cu analiza componentelor izolate, analiza sistemică se sprijină pe totalitatea elementelor cercetării ştiințifice, cum sunt teoriile şi ciclurile integrale ale investigației experimentale. În această abordare, un component particular este o parte a unui întreg, astfel încât statutul şi semnificația lui sunt clare, iar pericolul interpretării eronate este diminuat.

Pe scurt, analiza sistemică, fie aplicată la teorii, fie la ciclurile de cercetare empirică, este cea mai promițătoare dintre toate căile de abordare a ştiinței, deoarece ne oferă atât întregul, cât şi părțile sale în relațiile lor reale (sau mai degrabă presupuse). Ea este superioară analizei componentelor izolate ale

ştiinţei, la rândul ei mai bună decât analiza istorică, ce depăşeşte analiza manualului, care este o îmbunătăţire faţă de analiza prefeţei, care, în concluzie, este mai bună decât încadrarea forţată într-un cadru aprioric.

Orice sistem biotic (din oricare cele şase nivele ierarhice menţionate în capitolul anterior), este o totalitate a unei mulţimi de elemente, fiecare element fiind legat de oricare alt element prin conexiuni de natură diferită. Datorită acestui fapt, orice sistem biotic are structuri diferite. Diferenţele în structură rezultă pe de o parte din ordinea specifică a conexiunilor, iar pe de altă parte din natura conexiunii.

Aşa cum rezultă din cele de mai sus, ***un sistem este alcătuit din două componente fundamentale: elementele şi conexiunile***. Caracteristicile calitative ale elementelor se exprimă prin conceptul de specific. Caracteristicile cantitative ale conexiunilor se exprimă prin conceptul de structură. Deci***, structura este ordinea specifică în care sunt legate între ele elementele***. De cercetarea fenomenelor şi obiectelor ca sisteme se ocupă teoria generală a sistemelor.

Orice fenomen, proces sau obiect poate fi privit ca un sistem de elemente interdependente sau de alte formaţii care sunt componente ale unui sistem mai mare. De exemplu, biosistemele (indiferent de treapta ierarhică) pot fi privite ca subsisteme ale ecosistemelor (de asemenea, indiferent de treapta ierarhică de clasificare a acestora).

Considerarea obiectelor ca sisteme are o semnificaţie metodologică (gnoseologică) şi nu este direct determinată de obiect ca atare, chiar dacă reflectă anumite trăsături şi însuşiri ale acestuia. Evoluţia sau progresul perfecţionează continuu organizarea internă a obiectelor, interacţiunea generală, care se reflectă ca recepţionare, prelucrare şi transmitere a informaţiei, asigură o comportare tot mai conformă cu scopul urmărit. În felul acesta, conducerea este proprie dezvoltării, ceea ce îmbunătăţeşte organizarea generală şi ordinea lumii obiective. În ecologia teoretică se operează cu noţiunea de organisme care se impun a fi definite, pentru înţelegerea noţiunii ca atare.

Marele chimist, fizician şi filozof german Ostwald Wilhelm Friederich (1853-1932) a definit organismul, adică fiinţa vie, în aceşti termeni: "***O plăsmuire (structură) energetică staţionară (relativ stabilă) având capacitate de regenerare, de a-şi procura independent hrana şi de a se reproduce***".

În multe lucrări de biologie, unitatea biologică de bază este considerată celula, iar existenţa ei ar fi de ajuns pentru a explica formarea nu numai a organismelor simple, dar chiar a acelora care numără milioane şi milioane de celule. Însă, aşa cum se specifica în capitolul anterior, din punct de vedere ecologic, unitatea biologică poate fi considerată orice nivel ierarhic de organizare a acesteia şi deci, în concordanţă cu definirea sistemului, orice organizare ierarhică a bioticului poate fi considerat sistem, întrucât prezintă cele două componente fundamentale: elementele şi conexiunile. Ca urmare, se poate da următoarea definiţie biosistemelor: ***prin biosistem se înţelege orice sistem ierarhic de organizare biotică, caracterizat de existenţa***

elementelor componente şi conexiunile dintre acestea, capabile să menţină existenţa în timp, mai mult sau mai puţin îndelungat, a vieţii sistemului respectiv.

În anul 1970, Lwoff André (1902-1994) - Premiul Nobel pentru fiziologie şi medicină în 1965 - dădea următoare definiţie biosistemului, de la nivelul de organizare a organismului sau fiinţei vii: ***"Organismul viu este un sistem compus din structuri macromoleculare şi din funcţii capabile de reproducere"***.

Însă, aşa cum rezultă din cele de mai sus, ***biosistemele sunt constituite dintr-o mulţime de «subsisteme chimice» sau chimisisteme***. Un chimisistem sau un reactor chimic este un sistem reactiv ale cărui componente sunt atomi sau molecule care interacţionează. Cu alte cuvinte, ***un chimisistem este un reactor ale cărui componente aparţin speciilor atomice sau moleculare şi a cărui structură include legături chimice variabile (care se fac şi se desfac)***.

Un sistem eterogen, compus din atomi sau molecule de diferite clase dar care nu interacţionează – fie din lipsă de afinitate, fie din lipsă de mediu – este un fizisistem, iar nu un chimisistem. Cu alte cuvinte, chimisistemul este definit nu numai prin compoziţia lui ci şi prin structura lui, această structură trebuind să includă conexiuni de tip reactiv. Un chimisistem este, aşadar, un sistem dinamic (mult mai mult decât o moleculă) şi mai ales un sistem reactiv sau un reactor.

Un sistem deschis este un sistem ale cărui componente schimbă ceva cu mediul sistemului. ***Organismele sunt sisteme semideschise***, deşi, de obicei se afirmă că sunt deschise. În general, ***un sistem semideschis este un sistem dotat cu o frontieră care limitează tipul interacţiunilor dintre componentele sale şi componentele mediului său înconjurător***. Într-adevăr, biosistemele sunt înzestrate cu pereţi separatori (de exemplu, membranele celulare) care limitează schimbul de substanţe şi energie cu mediul.

Un sistem autocontrolat este un sistem în care există un subsistem ce controlează restul sistemului sau are loc un proces (de exemplu, o reacţie chimică) care se controlează pe sine însuşi aşa cum se întâmplă cu reacţiile enzimatice şi cu reacţiile ai căror produşi inhibă sau stimulează reacţia însăşi. ***Biosistemele sau organismele sunt chimisisteme autocontrolate şi semideschise***.

Însă, sunt chimisisteme semideschise şi autocontrolate care nu sunt organisme, nici subsisteme ale acestora. O particularitate a biosistemelor este că îşi sintetizează toate componentele complexe pornind de la atomi sau molecule mai simple. Ele sintetizează în special proteine pornind de la aminoacizi.

Dar, aşa cum scria Jaques Monod[2] (1910-1976), Premiul Nobel pentru fiziologie şi medicină în 1965: "***Fiinţele vii sunt obiecte stranii. Mai mult sau mai puţin confuz, oamenii trebuie să fi ştiut acest lucru***

---

[2] Jaques Monod, *Hazard şi necesitate*, Bucureşti, Ed. Humanitas, 1991

totdeauna. Dezvoltarea ştiinţelor naturii începând din secolul al XVII-lea, înflorirea lor începând cu secolul al XIX-lea, departe de a şterge această impresie de stranietate, au făcut-o şi mai acută. Prin prisma legilor fizice care guvernează sistemele macroscopice, însăşi existenţa fiinţelor vii părea să constituie un paradox, să violeze unele din principiile fundamentale pe care se bazează ştiinţa modernă". Căutând "***proprietăţile cele mai generale care caracterizează fiinţele vii şi le deosebesc de restul Universului"*** Jaques Monod enumeră trei: "***teleonomie, morfogeneză autonomă, invarianţă reproductivă"***.

În ceea ce priveşte alcătuirea internă a biosistemelor, cercetările morfologice – mergând până la puterea de rezoluţie de ordinul dimensiunilor moleculare, pe care o au mijloacele actuale de investigare – au relevat profunda neomogenitate şi anizotropie a materiei vii. Cea mai frapantă caracteristică a acesteia este înalta sa structură internă, căreia i se poate constata şi o evoluţie ascendentă în timp, atât la scara existenţei fiecărui organism, cât şi a lumii vii în ansamblu. Explicarea organizării interne a sistemelor biologice şi a modului de evoluţie a lumii vii reprezintă un obiectiv fundamental, de maximă dificultate, al întregii biologii teoretice şi, în particular, al termodinamicii biosistemelor.

Fenomenul "viaţă" se manifestă la nivel de organisme capabile de dezvoltare autonomă şi de reproducere, diferitele subsisteme ale unui organism deosebindu-se radical de acesta tocmai prin imposibilitatea unei existenţe autonome. Dimensiunile organismelor sunt extrem de variabile, de la 10^{-7}m, în cazul celor mai mici unicelulare, din genurile Mycoplasma şi Ricketsia, până la zeci de metri, cât au copacii şi unele balene. Indiferent de dimensiuni, însă, orice organism conţine un număr suficient de mare de atomi şi molecule, încât să fie considerat drept "macroscopic" (în accepţiunea fizică a acestui termen). Astfel, chiar într-un unicelular de la limita inferioară a scării de dimensiuni, a cărei masă este aproximativ 10^{-16} kg sunt zeci de miliarde de atomi.

În compoziţia tuturor celulelor intră aceleaşi elemente chimice ca şi în materia anorganică, dar proporţiile în care intervin acestea şi structura lor sunt foarte diferite de totalitatea scoarţei terestre. Astfel, 99% din masa materiei vii este formată numai din şase elemente: **H, C, O, N, P** şi **S**, dintre care carbonul, fără a fi cel mai abundent, este cel mai specific. O caracteristică esenţială a materiei vii este conţinutul extrem de mare de apă. Aceasta reprezintă circa 70% din masa tuturor organismelor, o parte similară, prin coincidenţă, cu fracţiunea din suprafaţa terestră pe care o ocupă mările şi oceanele. Apa intervine în practic toate funcţiile organismelor, dar ceea ce interesează din punct de vedere al organizării materiei vii la nivel molecular este faptul că, fiind într-o proporţie atât de mare în citoplasma oricărei celule, apa reprezintă mediul în care sunt dispersate biomoleculele. Interacţia dintre ele şi acest "solvent" determină în cea mai mare măsură autoorganizarea biomoleculelor sub forma unor structuri supramoleculare.

Referitor la alcătuirea biosistemelor, trebuie subliniat caracterul ierarhizat al structurilor biologice. Nivelul celular de organizare este fundamental pentru întreaga materie vie, deoarece la nivel celular se manifestă deja toate procesele biologice esențiale. Însă, pentru organismele pluricelulare, definitoriu este nivelul organismic, la care se manifestă capacitatea de existență autonomă şi de reproducere. De fapt, nici un organism nu poate exista singur, viața manifestându-se întotdeauna în sisteme biologice de nivel supraindividual – ***ecosistemele*** – formate din organisme de diferite specii, care concură şi cooperează în utilizarea resurselor mediului fizic ambiant.

Ceea ce rezultă, din cele de mai sus, este că sistemele vii reprezintă o formă de organizare a materiei, net distinctă față de materia anorganică din ansamblul Universului. Materia vie este acea parte a Universului fizic ce posedă cea mai complexă organizare şi în cadrul căreia se desfăşoară cele mai variate forme de energie. Cu alte cuvinte "***Materia vie este o formă specială de apariție a atomilor elementelor chimice pe planeta noastră, o formă specială de echilibru chimic***"[3]. Înțelegerea acestora constituie o necesitate în vederea menținerii de către Om a mediului adecvat de perpetuare a ei pe Terra.

Jaques Monod subliniază faptul că: "***Se pot defini apriori trei etape în procesul care a putut să ducă la apariția primelor organisme: formarea pe Pământ a constituenților chimici esențiali ai ființelor vii, nucleotide şi aminoacizi; formarea, pornind de la aceste materiale, a primelor macromolecule capabile de realizare; evoluția, care a constituit în jurul acestor «structuri replicative» un aparat teleonomic, ajungând la celula primitivă***".

Evoluția în continuare a materiei vii şi menținerea ei este legată de o serie de condiții restrictive, încălcate local sau general, de colectivitatea umană. Pericolul pe care-l prezintă şi modul de evitare sau de reducere a lui se va prezenta în cele ce urmează.

3.2. Conceptul de ecosistem (sistem ecologic)

Prin ecosistem se înțelege "***Complexul format din viețuitoare şi mediul lor fizico-chimic de existență***"[4]. "***Ecosistemele sunt unități funcționale ale biosferei, construcții eterogene cu limite în spațiu şi timp***"[5]. Ecosistemul este "***sistemul format din totalitatea ființelor (biocenoză) care locuiesc un anumit mediu abiotic, omogen din punct de vedere topografic, climatic şi biochimic numit biotop. Din punct de vedere termodinamic, ecosistemul este relativ stabil, intrările fiind***

---

[3] Bogdan Stugren, *Ecologie teoretică*, Casa de Editură "Sarmis" SRL, Cluj-Napoca, 1994

[4] Victor Tufescu, Mircea Tufescu, *Ecologia şi activitatea umană*, Ed. Albatros, Bucureşti, 1981, p.105

[5] Bogdan Stugren, *Ecologie teoretică*, Casa de Editură "Sarmis" SRL, Cluj-Napoca, 1994, p.82

alcătuite în covârşitoare majoritate din energia solară, din precipitaţii şi substanţe migratoare, în timp ce ieşirile sunt reprezentate – în principal – de căldură, bioxid de carbon, oxigen şi materiile pe care le antrenează apa. Omogenitatea relativă a părţii abiotice este însoţită şi de o anume omogenitate din punct de vedere botanic şi zoologic"[6]. Conceptul de ***ecosistem*** a fost introdus în ştiinţă în 1935 de către Tansley.

Pentru analiza ecosistemului se pot utiliza două categorii de metode: ***sincrone*** şi ***diacrone***. ***Analiza sincronă surprinde caracteristicile de organizare, respectiv de structură constituentă şi funcţionalităţile acestuia la un moment dat. Analiza diacronă relevă modificările în timp ale organizării ecosistemului***. În privinţa organizării ecosistemului se consideră că cel mai uşor de recunoscut dintre toate modalităţile de structurare a sa o prezintă existenţa a două straturi fundamentale: un strat ***autotrof*** şi altul ***heterotrof***.

Stratul autotrof este superior, beneficiind astfel de radiaţia luminoasă a soarelui, factor energetic esenţial al procesului de fotosinteză. Procesul este realizat de către plantele verzi, având drept rezultat producerea de substanţe organice. Stratul autotrof este limitat ca grosime din cauza ecranării zonelor inferioare de către organismele şi structurile din zonele superioare. În stratul autotrof, pe lângă procesele de sinteză de substanţe organice, se produc şi procese heterotrofe, de utilizare şi degradare a lor de către organismele care trăiesc direct sau indirect pe seama plantelor şi prin însăşi activităţile metabolice ale fotosintetizatorilor.

Stratul heterotrof, prin ecranarea sa de către stratul superior, exclude prezenţa plantelor verzi. Din această cauză el este tributar stratului autotrof, pentru acoperirea necesarului energetic care se realizează prin import de substanţe organice.

Ecosistemul se structurează pe subsisteme trofice fundamentale care sunt cinci: substanţele anorganice, producătorii primari, consumatorii, materia organică moartă, descompunătorii. Aceste subsisteme trofice asigură circuitul materiei în natură, trecerea de la abiotic sub formă de substanţe minerale la bioticul cel mai complex şi invers.

Modul de desfăşurare în timp a acestor relaţii în cadrul ecosistemului, când se produc natural, chiar când au caracter catastrofic, sunt studiate de ecologia teoretică. În cadrul disciplinei noastre luăm în considerare pe cele produse cu intervenţia omului, care pot avea caracter catastrofic irecuperabil pentru existenţa vieţii pe Terra.

3.3. Analiza sistemică

Deşi există, putem spune, o infinitate de sisteme create pentru analiza diverselor fenomene, procese sau obiecte din natură, cercetătorii au căutat să elaboreze şi aparatul logico-matematic unitar cu ajutorul căruia să poată fi studiate metodologic această varietate sistemică. În acest sens au fost create: teoria mulţimilor, teoria ansamblurilor, precum şi o serie întreagă

---

[6] Alexandru Ionescu, "*Schiţa unui compendiu de ecologie*", în "Ecologie şi Protecţia Mediului", Universitatea "Ovidius", Constanţa, 1994, p.27.

de sisteme logice cu ajutorul cărora să poată fi studiate cât mai bine relațiile dintre diferite obiecte şi fenomene.

Această abstractizare a metodelor de analiză a sistemelor a fost posibilă datorită caracterului unitar al lumii înconjurătoare şi caracterului unitar al conceptului de sistem. A fost elaborată astfel teoria generală a sistemelor.

În abordarea sistemelor complexe, cum sunt ***ecosistemele***, trebuie să se țină seama de anumite principii: ale coordonabilității, incompatibilității, optimalității şi principiul de incertitudine.

Principiul coordonabilității arată că reglarea centralizată a unui sistem complex, chiar dacă este posibilă, nu este avantajoasă, datorită numeroaselor procese care trebuie reglate, contradicțiilor şi neliniarităților lor. Pe de altă parte, nici conducerea descentralizată nu este avantajoasă, datorită faptului că fiecare subsistem are tendința de a-şi rezolva propriile sale probleme fără a ține seama sau chiar intrând în competiție cu celelalte subsisteme. Astfel, este necesar un sistem coordonator care să rezolve, în interesul unității şi integrității sistemului, contradicțiile şi conflictele care apar între diferitele subsisteme la nivel local.

Principiul incompatibilității arată că, cu cât complexitatea sistemului este mai mare, cu atât scade posibilitatea de a-l descrie în mod riguros, până la un nivel dincolo de care precizia şi relevanța se exclud reciproc. Pentru că, oricât de cuprinzător ar fi modelul matematic, el tot nu va putea surprinde toate interacțiunile dintre elementele sau subsistemele unui sistem complex. Şi, pe măsură ce sistemul devine tot mai complex, relevanța modelului devine tot mai mică.

Principiul optimalității arată că, dacă un subsistem al unui sistem complex nu este optimal în relațiile sale cu celelalte subsisteme, atunci nici sistemul complex nu mai este optimal. Pentru a putea respecta acest principiu, subsistemele trebuie uneori să-şi sacrifice optimalitatea ideală, pe care ar putea-o atinge în cazul în care ar fi izolate, pentru a asigura optimalitatea sistemului complex din care fac parte.

Principiul de incertitudine relevă că, într-un sistem complex compus din mai multe subsisteme interconectate, starea unui subsistem şi interacțiunea lui cu celelalte subsisteme pot fi simultan determinate numai până la un anumit grad de acuratețe. Acest principiu ar putea fi pus pe acelaşi plan cu teorema de indecidabilitate a lui Gödel sau cu principiul de nedeterminare al lui Heisenberg, din fizica cuantică.

Dificultățile care intervin în cunoaşterea şi în controlul sistemelor complexe sunt generate nu numai de numărul mare de elemente, ci şi de calitatea lor, adică de aspectul calitativ. Căutând să descopere regulile şi legile după care se desfăşoară fenomenele, ştiința s-a ocupat mai ales de aspectul general şi cantitativ şi a ignorat în mare măsură aspectul individual şi calitativ al fenomenelor.

De aceea, chiar dacă luăm în considerare numărul total **N** de elemente şi numărul **n** de tipuri, formula **C = f(N, n, c, h, F, T, O)** ne poate oferi o oarecare imagine a complexității sistemului, dar nu ne poate oferi o imagine suficient de clară a particularităților sistemului respectiv.

Tocmai pentru a depăşi această limită a ştiinţei contemporane, matematicianul francez René Frédéric Thom[7] a elaborat în anii '60 o teorie generală a modelării calitative, cunoscută sub denumirea de ***teoria catastrofelor***. Aceasta se referă mai ales la sistemele care tind spre egalizarea gradientelor, adică spre atingerea unor minime locale, sisteme în care modificări extrem de mici ale unor parametri pot duce la schimbări extrem de mari ale evoluţiei lor, subliniindu-se astfel discontinuitatea sau mai bine zis disproporţionalitatea fenomenelor.

Condiţia majoră a teoriei catastrofelor este existenţa unei funcţii **V(x,p)**, care poate fi o funcţie de potenţial, de energie, de entropie, de cost sau de probabilitate, prin a cărei minimalizare sistemul evoluează către anumite stări $\mathbf{x^0}$, pentru care $\mathbf{f(x^0,p) = 0}$, adică nu apar modificări rapide. Mulţimea punctelor de echilibru $\mathbf{x^0}$ se va nota $\mathbf{M_f}$ şi va fi o suprafaţă cu **k** dimensiuni. Atunci când apar modificări ale variabilelor lente **p**, apare o proiecţie $\mathbf{T_f}$ a lui $\mathbf{M_f}$. Precizând că variabilele rapide **X** se modifică ecuaţia de dinamică:

$$\frac{dx}{dt} = f(x,p)$$

care plasează starea sistemului undeva în mulţimea $\mathbf{M_f}$, dată de **f(x,p) = 0** şi că există o proiecţie $\mathbf{T_j}$ a lui $\mathbf{M_f}$ pe spaţiul variabilelor lente, se ajunge la concluzia că orice singularitate este echivalentă cu o catastrofă elementară.

Teoria catastrofelor corespunde mai bine diversităţii, discontinuităţii şi neliniarităţii fenomenelor din ecosisteme. Dar, cu toate progresele pe care le-a realizat, după cum reiese din principiile menţionate mai sus, nici ea nu poate cuprinde realitatea înconjurătoare în toată diversitatea şi complexitatea ei.

Se poate spune că având în vedere discontinuitatea şi neuniformitatea mediului în care trăim, care este rezultatul organizării lui în sisteme distincte, teoria sistemelor a reprezentat un veritabil progres. Ea a atras atenţia asupra rolului pe care îl are agregarea şi organizarea materiei în entităţi de ordin superior, reuşind să depăşească modul de gândire analitic care s-a dovedit neputincios în faţa elementelor complex organizate ale universului. Pe baza teoriei generale a sistemelor s-a ajuns la a considera protecţia mediului ca problemă globală a omenirii.

Dar, cu toate progresele pe care le-a realizat, teoria sistemelor s-a dovedit a avea şi ea limitele sale. Reducând complexitatea fenomenelor la conceptul formal de sistem, a înlocuit, după cum arată sociologul francez Edgar Morin[8], vechile simplificări ale gândirii analitice cu o simplificare nouă. Reţinând ceea ce este general şi esenţial tuturor sistemelor, a pierdut din vedere ceea ce este particular, aceasta fiind, uneori, chiar mai importantă,

---

[7] René Thom, "*Stabilite structurelle et morphogenèse. Essai d'une théorie générale des modèles*",*Ed. Ediscience, 1973 et "Modèles mathematiques de la morphogenèse"*, Ed. Bourgeois, 1981

[8] Edgar Morin, *La Méthode*, vol.I şi II, Ed. Seuil, 1977, 1980

deoarece tocmai prin ceea ce are particular se detaşează fiecare sistem de restul universului, respectiv de toate celelalte sisteme.

Un pas înainte a fost făcut prin analiza sistemelor considerate ca sisteme termodinamice, pe baza schimbului de masă şi energie cu mediul lor înconjurător.

3.4. Definirea termodinamicii

Termodinamica este ştiința care se ocupă cu studiul relațiilor dintre fenomenele termice şi cele netermice (mecanice, electromagnetice etc.) care intervin în caracterizarea stărilor sistemelor fizico-chimice şi a transformărilor lor. Termodinamica studiază numai sisteme macroscopice. De asemenea, termodinamica nu studiază mişcarea de ansamblu, globală, a sistemelor, care se poate studia separat în cadrul mecanicii.

Termodinamica s-a născut din necesitatea rezolvării unei probleme tehnico-economice, printr-un memoriu despre eficiența maşinilor cu aburi publicat, în 1824, de inginerul francez Sadi Carnot (1796-1832), ofițer de geniu, intitulat: "***Reflecții asupra puterii motrice a focului şi asupra maşinilor capabile să desfăşoare această putere***".

Când oamenii au descoperit pentru prima oară posibilitatea transformării căldurii în lucru mecanic şi când au inventat primul motor cu aburi, s-a născut epoca modernă a ştiinței şi tehnologiei. În urma acestei mari descoperiri, vechea epocă a civilizației muncii manuale şi a cailor putere avea să se sfârşească curând. Principiile dezvoltate ulterior pentru a aprecia cantitativ transformarea căldurii în lucru mecanic au fost numite principiile termodinamicii (termen compus din două cuvinte greceşti însemnând "puterea căldurii"). Ca urmare cercetărilor ştiințifice a devenit curând evident că în natură există şi alte surse de energie care pot fi şi ele transformate în lucru mecanic. Există, de exemplu, electricitatea, precum şi magnetismul, sunetul, lumina, energia chimică, gravitația, elasticitatea şi alte tipuri de forțe, toate putând fi utilizate acum drept surse de stocare a energiei cosmice în diferite tipuri de aparate mecanice. Inginerii şi fizicienii secolului al XIX-lea au descoperit, la puțin timp, că principiile termodinamicii caracterizează toate aceste fenomene şi mecanisme de transformare a energiei. Astfel, principiile termodinamicii au ajuns să fie recunoscute ca fiind universale în scop şi aplicabilitate. Ca orice alte «legi» ştiințifice, aceste legi ale termodinamicii sunt simple generalizări empirice bazate pe acordul cu un volum uriaş de date ştiințifice (de fapt, empirismul lor le determină să fie denumite principii şi mai puțin legi ale termodinamicii). În general, s-ar putea chiar ca ele să trebuiască să fie modificate sau respinse, în cazul că se vor ivi mai târziu date care să le contrazică. Cu toate acestea, ele se bazează pe un număr atât de mare de măsurători, pe o diversitate atât de mare de tipuri de sisteme fizice încât, practic, toți oamenii de ştiință le recunosc ca fiind cele mai sigure dintre toate legile ştiințifice (nu au fost infirmate de nici un fenomen). Dacă există în ştiință vreo lege adevărată, apoi aceste legi ale termodinamicii ar fi cele mai bune

exemple. În pofida acestui fapt, însă, importanța şi implicațiile lor profunde în toate domeniile ştiințifice, fizice şi metafizice, sunt îndeobşte ignorate sau greşit înțelese de către majoritatea oamenilor de ştiință.

Sisteme termodinamice. ***Sistemele termodinamice sunt acele sisteme fizice caracterizate prin: a – conțin un număr suficient de mare de microsisteme (atomi, molecule etc.) pentru ca, la echilibru, fluctuațiile parametrilor microsistemelor să fie neglijabile; b – sunt spațial limitate şi supuse cerinței de a conține un număr finit de microsisteme***.

În conformitate cu definiția restrictivă, de mai sus, pentru sistemele termodinamice, rezultă că termenul referitor la acestea este mult mai restrâns decât termenul general de sistem fizic. Se exclud din rândul lor atât sistemele cu un număr mic de particule, cât şi Universul infinit. Însă, prezintă inconvenientul că face apel la concepte microscopice.

Din cele de mai sus rezultă că sistemul termodinamic reprezintă un sistem microfizic alcătuit dintr-un număr foarte mare şi finit de particule sau corpuri sau un complex de corpuri, bine delimitat în spațiu printr-o suprafață de control, reală sau imaginară. Tot ceea ce se află în afara sistemului şi poate acționa asupra acestuia formează mediul ambiant.

Sistemele termodinamice se clasifică din mai multe puncte de vedere.

Din punctul de vedere al interacțiunii cu mediul ambiant pot fi: ***izolate*** – fără schimb de masă şi energie cu mediul ambiant; ***închise*** – numai cu schimb energetic cu mediul ambiant; ***deschise*** – efectuând atât schimb de energie, cât şi schimb de masă cu mediul ambiant.

Din punctul de vedere al structurii interne pot fi: ***omogene*** – dacă au peste tot aceeaşi constituție, independent de poziție; ***eterogene*** – dacă omogenitatea se manifestă numai pe zone, fiecare zonă cuprinsă între suprafețe de discontinuitate constituie faze ale sistemului.

Parametrii termodinamici. În fiecare moment sistemul termodinamic se găseşte într-o anumită stare. Starea unui sistem termodinamic poate fi descrisă (macroscopic, adică abstracție făcând de structura sa corpusculară) cu ajutorul unui număr mic de mărimi fizice numite parametri de stare. Starea unui sistem termodinamic , adică situația sistemului la un moment dat este condiționată de starea externă exprimată prin cantitatea de substanță (masa sistemului), volumul, viteza şi înălțimea de poziție într-un sistem de referință şi de starea internă. ***Mărimile macrofizice cu ajutorul cărora se poate preciza starea de echilibru a unui sistem termodinamic se numesc parametri de stare sau mărimi de stare***. Valoarea parametrilor de stare depinde de starea internă a sistemului. Starea internă este caracterizată prin mărimile de stare măsurabile, numite ***mărimi de stare fundamentale sau termice: presiunea, temperatura şi volumul masic (specific)***. În termodinamică se mai folosesc ***mărimile de stare calorice: energia internă, entalpia, entropia, energia liberă, entalpia liberă***. De asemenea, pentru o temperatură dată a mediului ambiant, ***exergia*** (parte a energiei care poate fi transformată în orice formă

de energie) şi ***anergia*** – (*an = fără* şi *ergon = acțiune*) pot fi utilizate ca mărimi de stare, întrucât variația acestor mărimi depinde numai de starea inițială şi finală a sistemului.

Proprietatea fundamentală a mărimilor de stare constă în faptul că valoarea lor depinde numai de starea momentană a sistemului, adică sunt independente de succesiunile de stări anterioare, prin care a trecut sistemul. Matematic, aceasta înseamnă că variațiile elementare ale mărimilor de stare sunt diferențiale totale.

Mărimile de stare pot fi extensive sau intensive. Mărimile intensive, care nu depind valoric de cantitatea de substanță, sunt: presiunea (p), temperatura (T) şi volumul specific (v). Mărimile extensive, care depind valoric de cantitatea de substanță, sunt: volumul, energia internă, entalpia etc. Dacă mărimile intensive sunt raportate la unitatea de masă de substanță (de exemplu, 1 kg.), se numesc specifice.

Mărimile termice de stare sunt legate între ele prin ecuația termică de stare, de forma:

$$f(p,v,T) = 0$$

care determină complet starea unui sistem termodinamic; toate celelalte mărimi de stare se pot determina din această ecuație.

Stări ale sistemelor termodinamice. Pentru a defini stările sistemelor termodinamice, se vor considera următoarele exemple:

1. Avem un vas ermetic închis în raport cu mediul ambiant, cu două compartimente despărțite printr-o membrană. Introducem în unul din compartimente clor, iar în celălalt azot. Este întrerupt apoi orice schimb de masă şi energie cu exteriorul. Se scoate membrana. Într-un anumit timp, moleculele celor două gaze (clor şi azot) se distribuie perfect uniform în incinta vasului. Se va ajunge la o omogenitate perfectă a conținutului acesteia. Se ajunge astfel la un "echilibru termodinamic".

2. Avem un pahar cu apă. Se introduce în apă o picătură de cerneală care se distribuie sub formă de vinişoare în conținutul lichid a paharului. Supunem paharul la o încălzire cu flacără la partea inferioară. Se va constata:

a. starea de încălzire diferă din punct în punct şi în timp, de la un moment la celălalt;

b. densitatea lichidului va varia din punct în punct, cât şi de la un moment la celălalt;

c. ca urmare variației densității lichidului, în sistem iau naştere curenți de convecție puşi în evidență de mişcarea vinişoarelor colorate.

O asemenea stare, în care parametrii sistemului termodinamic variază atât din punct în punct, cât şi în timp şi în care în sistem apar curenți, se numeşte stare de neechilibru sau stare de dezechilibru termodinamic.

3. O bară metalică, prevăzută din loc în loc cu orificii în care se introduc termometre, se introduce cu un capăt în apă la temperatura de fierbere şi cu celălalt capăt în gheață pisată fin. Se va observa că după un anumit timp, fiecare termometru va indica o temperatură proprie, staționară în timp. Aşadar în

fiecare punct al barei starea este independentă de timp, dar de la un punct la celălalt starea se modifică. În acelaşi timp, prin bară se transferă continuu un flux de căldură fapt pus în evidență de topirea continuă a gheții în jurul capătului respectiv al barei. O astfel de stare în care parametrii sunt constanți în timp, dar care variază cu poziția, determinând apariția unor fluxuri, se numeşte stare de neechilibru staționară.

În primul caz, al stării de echilibru termodinamic, parametrii sistemului termodinamic sunt toți constanți în timp şi în sistem nu există nici un fel de fluxuri, în celelalte două, există un schimb energetic cu mediul ambiant. Ca urmare, stările sistemelor termodinamice pot fi: stări de echilibru, stări de dezechilibru, stări staționare sau dezechilibru staționar.

Starea de echilibru termodinamic (numită şi stare statică), este o stare staționară (parametrii de stare nu variază în timp) şi lipsită de orice curenți staționari (parametrii de stare nu variază în spațiu). Dacă variază densitatea, apar curenți de substanță; dacă variază temperatura, apar curenți de căldură ş.a.m.d. Parametrii care caracterizează o astfel de stare se numesc parametri termodinamici, iar sistemul se numeşte sistem termodinamic.

Echilibrul termodinamic presupune sau include oricare echilibru particular, de exemplu echilibrul mecanic (al forțelor sau presiunilor), echilibrul chimic (al reacțiilor sau concentrațiilor), echilibrul termic (al temperaturilor) sau altele.

Pe baza generalizării mențiunilor experimentale, prezentate mai sus, se ajunge la formularea ***primului postulat al termodinamicii:***

Un sistem izolat sau în condiții exterioare neschimbate ajunge totdeauna, după un anumit timp, în starea de echilibru termodinamic din care niciodată nu poate ieşi de la sine.

Dacă sistemul la început era izolat şi nu se afla în starea de echilibru, după realizarea izolării sau a concentrațiilor exterioare constante, în sistem se nasc procese, numite de relaxare, care duc în mod spontan şi inevitabil la starea de echilibru, după un anumit timp de relaxare, care depinde de gradul de dezechilibru şi de proprietățile sistemului. De exemplu, egalizarea presiunilor într-un gaz se face prin intermediul ciocnirilor dintre molecule într-un timp foarte scurt, sub o miliardime de secundă, în timp ce egalizarea concentrațiilor la difuzia unui gaz în altul durează minute, zile sau săptămâni, iar la corpuri solide, ani de zile.

Starea de echilibru termodinamic se realizează şi se menține datorită mişcării moleculare din sistem.

Procese termodinamice. Procesele care au loc în interiorul sistemelor termodinamice sau între sistemele termodinamice şi mediul înconjurător, privind transferul de masa sau/şi energie, se numesc procese termodinamice. Transferul de masă şi energie între zonele sistemului termodinamic şi mediul înconjurător se constată prin variația parametrilor de stare ai sistemelor termodinamice.

Modul de variație a parametrilor termodinamici determină clasificarea proceselor termodinamice. Trecerea sistemului dintr-o stare **A** într-o stare **B**, caracterizate prin valori specifice ale parametrilor termodinamici, se face prin ceea ce se numeşte proces termodinamic.

Procesele termodinamice care caracterizează trecerea sistemelor termodinamice într-o succesiune de stări succesive pot fi procese termodinamice reversibile sau procese termodinamice ireversibile. Reversibilitatea proceselor termodinamice este admisă metodologic. Toate procesele termodinamice reale sunt ireversibile.

3.5. Principiile termodinamicii

Termodinamica s-a constituit ca domeniu ştiințific autonom de cercetare pe baza următoarelor principii postulate la diverse etape de dezvoltare a ei.

a. ***Principiul zero***. Se spune că temperatura este o măsură a gradului de încălzire a unui corp sau a intensității mişcării termice din sistem. O definiție riguroasă, ştiințifică, se bazează pe conceptul de echilibru termodinamic.

Experiența arată că dacă punem în contact termic două sisteme aflate în prealabil fiecare în echilibru termodinamic, atunci, după stabilirea contactului, fie că sistemele continuă să rămână în echilibru şi atunci spunem că ele se află în ***echilibru termic*** între ele, fie că echilibrul fiecărui sistem se strică, dar după trecerea unui anumit timp se va stabili o nouă stare de echilibru comună a ambelor sisteme. Dacă după aceasta întrerupem contactul dintre sisteme şi îl restabilim din nou, echilibrul nu se strică.

Reciproc, dacă un sistem aflat în echilibru termodinamic îl împărțim în două subsisteme, acestea vor continua să rămână în echilibru, atât după separare, cât şi după restabilirea sistemului inițial. Orice porțiune (macroscopică) a unui sistem în echilibru poate fi privită ca un subsistem în contact termic şi în echilibru cu restul sistemului.

De asemenea, experiența arată că dacă un sistem **A** este în echilibru termic cu un sistem **B**, care la rândul său este în echilibru termic cu un al treilea sistem **C**, atunci sistemul **A** este în echilibru termic şi cu sistemul **C**. ***Aceasta este proprietatea de tranzitivitate a relației de echilibru termic între sisteme termodinamice***. Se poate exprima această proprietate şi altfel. ***Dacă două sisteme A şi B se află fiecare separat în echilibru termic cu un al treilea sistem C, atunci sistemele A şi B se află în echilibru termic între ele***.

Starea de echilibru termodinamic este determinată nu numai de condițiile exterioare (de parametrii externi), ci şi de *intensitatea mişcării termice* din sistem, care poate fi caracterizată de o mărime fizică numită ***temperatură***.

Temperatura este o măsură a intensității mişcării termice moleculare din sistem (a gradului de încălzire). Proprietățile relației de echilibru termic se descriu cu ajutorul temperaturii astfel:

Două sisteme având temperaturi diferite (intensități diferite ale mişcării termice), fiind puse în contact termic, ajung până la urmă la o temperatură comună de echilibru termic.

Două sisteme având aceeaşi temperatură cu un al treilea sistem, au temperaturi egale între ele. Toate porțiunile unui sistem au aceeaşi temperatură, deci temperatura este o mărime intensivă şi nu extensivă (aditivă), ea nu poate fi măsurată prin comparație cu un etalon, ci determinată pe baza variației unei proprietăți potrivite a materiei, cum ar fi volumul (de exemplu, la termometrul cu mercur).

Pentru sisteme depărtate de starea de echilibru noțiunea de temperatură ca parametru al sistemului îşi pierde sensul.

Faptele menționate mai sus sunt formulate în ***principiul zero*** al termodinamicii, care afirmă existența temperaturii (principiul temperaturii).

Starea de echilibru termodinamic este caracterizată nu numai de parametrii externi, ci şi de o mărime intensivă, specifică, ***funcție de stare***, numită ***temperatură***. Relația de echilibru termic între sistemele termodinamice este ***tranzitivă*** şi se exprimă prin egalitatea temperaturilor. De aceea, ***principiul zero al termodinamicii este numit şi principiul tranzitivității, fiind definit şi în felul următor: Tranzitivitatea este o proprietate generală a relației de echilibru termic dintre stări termice diferite***.

Starea de echilibru termodinamic mai are o ***proprietate fundamentală***, formulată în ***<u>al doilea postulat al termodinamicii</u>***:

La echilibru termodinamic toți parametrii interni ai sistemului sunt funcții de parametrii externi şi de temperatură. Aceste ecuații pentru parametrii interni se numesc ***ecuații de stare***.

Astfel, aerul dintr-o încăpere ocupă un anumit volum **V** (volumul încăperii), are o anumită temperatură $\mathbf{t^0C}$ şi exercită o anumită presiune **p** asupra pereților. Aceşti parametri de stare nu sunt independenți între ei, ci legați printr-o ***ecuație de stare*** de forma $\mathbf{p = f(V,t^0)}$, care ne permite să calculăm unul din parametrii necunoscuți, dacă îi cunoaştem pe ceilalți.

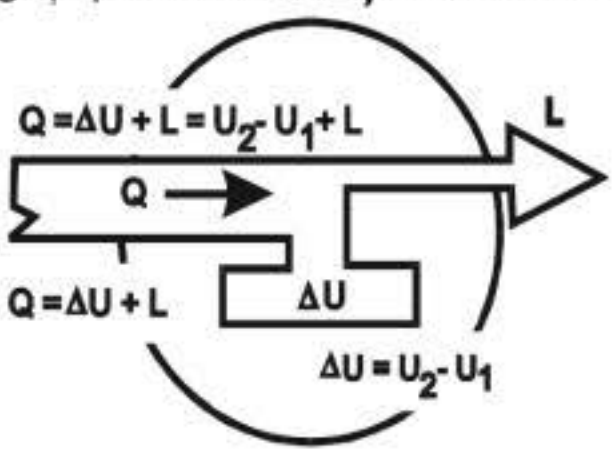


Fig.3.1. Reprezentarea grafică a primului principiu al termodinamicii

b. <u>Primul principiu al termodinamicii</u>. Este denumit şi ***principiul echivalenței***. Acest principiu reprezintă o formulare generală a ***legii de conservare şi transformare a energiei***, afirmând existența unei funcții extensive de stare, numită ***energie internă***.

Căldura Q absorbită de un sistem trece parțial într-o creştere ΔU a energiei interne a sistemului şi parțial (restul) trece în lucrul mecanic L efectuat de sistem, figura 3.1.

$$Q = \Delta U + L = U_2 - U_1 + L$$

În această ecuație, care exprimă primul principiu, cele trei mărimi **Q, ΔU** şi **L** sunt numere algebrice, adică pot fi pozitive, negative sau nule: **Q>0** înseamnă căldură absorbită efectiv de sistem, **Q < 0** înseamnă că de fapt sistemul cedează căldură, **Q' = - Q = |Q|; L > 0** înseamnă lucrul mecanic efectuat de sistem, **L < 0** înseamnă că de fapt asupra sistemului se efectuează lucrul mecanic **L' = - L = |L|**; variația sau creşterea algebrică $\Delta U = U_2 - U_1 > 0$ înseamnă efectiv o creştere, iar **ΔU < 0** înseamnă că de fapt energia internă scade cu **- ΔU = |ΔU|**. ***Cantitatea de căldură Q şi lucrul mecanic L reprezintă energie schimbată (algebric) de sistem cu mediul exterior (cu alte sisteme) şi deci nu sunt funcții de stare ale sistemului, ci funcții de proces sau de transformare, adică depind de felul procesului de schimb de energie***.

În toate fenomenele fizice nu intervine decât cantitatea de căldură absorbită sau ***cedată*** de un sistem şi ***nu conținută*** de un sistem, la fel cum nu intervine decât ***lucrul mecanic efectuat*** de sistem sau primit de sistem şi nu ***conținut*** de un sistem.

Spre deosebire de căldură şi lucrul mecanic, ***energia internă*** **U** este o ***funcție de stare***, ea reprezintă energia conținută de un sistem, deşi nu poate fi calculată valoarea sa absolută, ci numai variațiile sale **ΔU**, singurele care intervin în diferite procese (transformări). După cum se poate observa din relațiile anterioare, ***variația energiei interne*** este determinată de bilanțul căldurii şi lucrului mecanic schimbate de sistem cu mediul său:

$$\Delta U = Q - L$$

Energia internă este o mărime de stare, fiind determinată de starea finală şi inițială a sistemului, pe când schimbul de căldură şi lucrul mecanic sunt mărimi de proces şi depind, deci, de drumul pe care l-a urmat procesul pentru ca sistemul să treacă din starea inițială în starea finală.

Pentru un proces infinitezimal, principiul I se exprimă prin relația:

$$dU = \delta Q - \delta L$$

unde **dU** este diferențială totală, iar **δQ** şi **δL** nu sunt pentru că **Q** şi **L** nu sunt mărimi de stare.

Această lege este considerată cea mai puternică şi mai fundamentală generalizare despre univers de care au fost în stare vreodată oamenii de ştiință.

Nimeni nu ştie de ce se conservă energia şi nimeni nu poate fi absolut sigur dacă ea se conservă cu adevărat pretutindeni în univers şi în ce condiții. Tot ce se poate spune este că, în decursul a circa un secol şi jumătate de măsurători atente, oamenii de ştiință nu au fost niciodată în măsură să arate vreo violare concretă a conservării energiei, nici în mediul cotidian familiar, nici în macrocosmos şi nici în microcosmos.

Primul principiu al termodinamici a fost formulat, mai întâi, pe bază experimentală de către Julius Robert von Mayer (1814-1878), care a pus bazele principiului conservării şi transformării energiei şi a studiat aplicarea acestuia în biologie şi astronomie, Joule James Prescott (1818-1889), care a

verificat principiul transformării şi conservării energiei şi a calculat echivalentul mecanic al caloriei şi Clausius Rudolf Julius Emanuel (1822-1888) care a formulat şi al doilea principiu al termodinamicii definind conceptul de entropie (1865) şi a cercetat aplicarea termodinamicii la motoarele termice. În lucrările lor s-a dat un prim enunț al primului principiu: ***Căldura poate fi produsă din lucrul mecanic şi se poate transforma în lucru mecanic, întotdeauna cu aceeaşi echivalență***, sau, ***nu se poate produce lucru mecanic fără să se consume o cantitate de căldură***.

Dacă considerăm masa un tip de entitate diferit de energie, atunci legea poate fi modificată în aşa fel ca ea să fie aplicabilă "*cantității totale de energie şi de masă din univers*", admițând astfel posibilitatea transformărilor energie/masă, cum se întâmplă în reacțiile nucleare. Exceptând cazul acestora din urmă, desigur că şi masa se conservă universal.

Pe lângă acestea, există în ştiință şi alte legi ale conservării (de exemplu momentul, sarcina electrică), ca să nu mai menționăm principiul, universal respectat, din biologie al "***soiului după soi***" (adică speciile fundamentale ale plantelor şi ale animalelor nu reproduc decât propria lor specie, niciodată una nouă). Pare dincolo de orice îndoială că lumea pe care o cunoaşte ştiința este una în care entitățile existente sunt totdeauna conservate şi niciodată create sau anihilate. (Fenomenul dispariției în biologie pare a fi o excepție, dar să ne amintim că în genetică se conservă codul şi nu individul şi nici măcar *"soiul"* structurat pe acest cod). În concluzie, ***primul principiu al termodinamicii afirmă că energia (materia) existentă în Univers nu poate fi creată, nici distrusă*** (se va dezvolta această concluzie la capitolul consacrat energiei). Întreaga practică social-istorică a omenirii a dovedit valabilitatea universală a legii de conservare şi transformare a energiei. Nu se poate construi o maşină (un motor) care să efectueze lucru mecanic fără să consume nimic sau să producă mai multă energie mecanică decât energia termică consumată. O astfel de maşină se numeşte ***perpetuum mobile*** (de speța I, întrucât contravine primului principiu al termodinamicii). Deci, ***Principiul întâi al termodinamicii afirmă imposibilitatea construirii unui perpetuum mobile (de speța I)***.

c. ***Al doilea principiu al termodinamicii***. În timp ce primul principiu stabileşte ***echivalența cantitativă*** dintre căldură şi lucrul mecanic, al doilea principiu stabileşte o ***diferență calitativă*** între ele, exprimând ***ireversibilitatea proceselor*** din natură şi indicând sensul desfăşurării lor.

Se vor considera, la început, următoarele exemple:

1. Fie o ladă pe fundul căreia se aşează un strat de bile albe şi deasupra lor un strat de bile identice, dar de culoare neagră. Dacă se pune lada într-un camion şi ne deplasăm de la Iaşi la Bucureşti, se va constata că bilele se amestecă uniform, în mod spontan (de la sine) şi oricâte drumuri am face între cele două localități, bilele nu se vor separa niciodată în straturi distincte, deşi energetic separarea ar fi posibilă.

2. Fie un corp lansat de-a lungul unui plan orizontal. Corpul se opreşte până la urmă. Energia sa cinetică se transformă integral în căldură, cedată parțial mediului înconjurător şi parțial preluată de corpul însuşi. Nici o

experiență n-a arătat vreodată ca un corp în repaus pe un plan orizontal (chiar dacă le încălzim) să înceapă spontan să se mişte accelerat, deşi energetic ar putea câştiga energie mecanică absorbind căldură din mediu.

3. Fie un pendul gravitațional simplu. Dacă îl deviem cu un anumit unghi şi îl lăsăm liber, pendulul va oscila într-un plan vertical cu amplitudine din ce în ce mai mică până când oscilațiile se vor stinge şi pendulul se va opri; energia sa mecanică se transformă în căldură. La fel se întâmplă cu un oscilator elastic format dintr-un corp suspendat de un resort, care fiind tras în jos şi lăsat liber oscilează pe verticală. Nici o experiență n-a arătat vreodată ca un pendul în repaus sau un corp suspendat de un resort să înceapă spontan (de la sine) să oscileze cu o amplitudine din ce în ce mai mare, deşi energetic pendulul ar putea câştiga energie mecanică absorbind căldură de la el însuşi şi de la mediul ambiant, fără să încalce legea conservării şi transformării energiei (primul principiu).

4. Dacă punem în contact termic două corpuri de temperaturi diferite, constatăm că începe de la sine un proces de schimb de căldură; corpul mai cald transmite căldură corpului mai rece până când ele ajung la aceeaşi temperatură. În acest proces $\mathbf{Q_{ced} = Q_{abs}}$. Dar, niciodată, nici o experiență n-a dus vreodată la procesul invers, ca din două corpuri de aceeaşi temperatură, puse în contact termic, unul să înceapă spontan (de la sine) să se răcească, transmițând căldură celuilalt corp, care să înceapă să se încălzească, deşi acest proces invers n-ar contrazice nicidecum legea conservării energiei (primul principiu).

5. Fie un vas, conținând gaz, legat printr-un tub cu robinet cu un alt vas vidat. Dacă deschidem robinetul gazul se va destinde imediat, de la sine, ocupând ambele vase. Nici o experiență n-a dus vreodată la procesul invers; niciodată gazul nu se restrânge de la sine într-unul din vase, deşi acest proces invers nu este interzis de primul principiu.

Într-o altă variantă, putem lua vase, care conțin inițial gaze diferite, de exemplu, azot şi hidrogen. După deschiderea robinetului, cele două gaze difuzează imediat unul în celălalt, ocupând uniform ambele vase şi niciodată nu se separă fiecare într-un alt vas, deşi energetic procesul este posibil.

Toate experiențele şi întreaga practică a omenirii arată că procesele din natură sunt ***ireversibile***, adică se desfăşoară într-un anumit sens şi nu se pot desfăşura ***de la sine*** în sensul opus (cel mai tragic dintre ele este îmbătrânirea şi moartea), deşi odată cu procesul direct, este posibil şi cel invers din punct de vedere energetic, adică ambele procese nu contrazic legea conservării şi transformării energiei (primul principiu).

Prin urmare, primul principiu al termodinamicii, deşi universal şi fundamental, nu reflectă această latură a proceselor din natură. Aceasta, întrucât primul principiu nu spune care transformări sunt mai uşor de realizat sau în ce direcție se îndreaptă fenomenele din natură. Pentru că în timp ce lucrul mecanic poate fi transformat integral în căldură, aceasta nu poate fi transformată decât parțial în lucru mecanic. Această constatare a făcut ca căldura să fie considerată o "*formă inferioară a energiei*", iar fenomenul a fost denumit "*degradarea energiei*".

Deşi nu există procese riguros reversibile, totuşi uneori se pot considera unele procese ca fiind practic reversibile. Astfel, în anumite procese mecanice intervin forțe de frecare mici şi le putem neglija într-o primă aproximație, în problema considerată, atunci astfel de procese pot fi considerate procese practic reversibile. De exemplu, oscilațiile unui pendul; ciocnirea practic perfect elastică a două bile suspendate ca pendule; căderea unei mingi elastice pe o podea rigidă; rostogolirea unei bile rigide în interiorul unei sfere rigide etc.

Un proces este ***reversibil*** dacă se poate produce în ambele sensuri şi dacă după revenirea sistemului în stare inițială nici în sistem şi nici în mediul exterior nu se produc schimbări remanente.

În principiu, procesele pur mecanice, la care se poate neglija frecarea, se pot considera, în anumite limite, ca procese reversibile. Experiențele arată că ***energia mecanică (lucrul mecanic) se poate transforma integral în căldură*** (de exemplu, prin intermediul forțelor de frecare).

Sensul desfăşurării proceselor în exemplele de mai sus este reflectat de ***postulatul unu al termodinamicii*** care precizează că de fiecare dată sistemul nu se afla inițial în ***echilibru termodinamic*** (care include şi echilibrul mecanic), dezechilibrul inițial fiind natural sau produs artificial de experimentator. Lăsat liber, sistemul tinde în mod spontan spre starea de ***echilibru termodinamic***, adică procesele se desfăşoară într-un anumit sens. Invers, starea de echilibru termodinamic nu se poate strica ***de la sine***, adică într-o astfel de stare nu se pot desfăşura de la sine procese care să ducă la dezechilibru.

Mai trebuie observat faptul că, în exemplele considerate, inițial, sistemele posedau o ***stare inițială ordonată***, o anumită ***ordonare*** sau ***ordine***, descrisă sau specificată printr-o anumită ***cantitate de informație*** pe care o posedam asupra sistemului. Procesele care au avut loc au determinat, în mod spontan, o ***micşorare*** sau ***pierdere*** a ordonării inițiale sau a informației deținute inițial.

Astfel, în exemplul **1** sistemul avea o anumită ***structură ordonată***, în sistem era o anumită ***ordine***, descrisă sau ***specificată*** de o ***informație corespunzătore***: *strat de bile albe + strat de bile negre*. În starea finală structura ordonată s-a distrus, ordinea s-a stricat, a apărut o ***dezordine,*** s-a pierdut informația deținută inițial.

În exemplele **2** şi **3** sistemul poseda inițial o anumită energie cinetică sau potențială, deci avea într-o anumită poziție o anumită mişcare mecanică ordonată, care dispare în starea finală, trecând în mişcarea termică ***dezordonată***, haotică, a moleculelor, pierzându-se şi informația inițială asupra sistemului (care nu mai poate fi reconstituită pe baza stării finale).

În exemplul **4** sistemul, de asemenea, posedă o structură sau ordine; unul din corpuri are temperatură mai ridicată decât celălalt. După stabilirea echilibrului termic nu se mai pot distinge termic cele două corpuri – se pierde structura ordonată şi informația corespunzătoare.

În exemplul **5** există, de asemenea, în sistem ordonare sau ordine; într-un vas se află gaz (azot), iar în celălalt vid (respectiv, hidrogen). După destinderea liberă sau difuzie se pierde această ordine din sistem şi totodată informaţia corespunzătoare asupra conţinutului vaselor.

De fiecare dată, structura iniţială ordonată sau ordinea iniţială sau informaţia iniţială nu pot fi reconstituite pe baza stării finale. ***În stările de echilibru se şterge istoria sistemului***.

Gradul de ***dezordine*** într-un sistem, ireversibilitatea proceselor, caracterul transformării căldurii în lucru mecanic în procese ciclice (în maşinile termice) sunt reflectate în al doilea principiu al termodinamicii.

Principiul al doilea al termodinamicii precizează condiţiile în care are loc transformarea energiei termice în energie mecanică; are un caracter calitativ întrucât arată sensul în care se produc în mod spontan transformările, fără să se refere la cantităţile de energie schimbate. El se încadrează în principiul general al schimbului de energie, conform căruia transformările spontane de energie se realizează de la potenţialul mai înalt spre potenţialul mai redus.

Al doilea principiu este exprimat în mai multe formulări, toate fiind în esenţă echivalente. Iată formularea lui Rudolf Clausius: "***Căldura nu poate trece de la sine de la un corp rece la un corp cald"***. Alte formulări: ***Efectuarea de lucru mecanic nenul într-un proces ciclic este imposibilă în prezenţa numai a izvorului cald. Căldura primită de substanţa de lucru de la izvorul cald într-o maşină termică (periodică) nu poate fi transformată integral în lucru mecanic***.

Principiul al doilea se mai numeşte şi ***principiul entropiei***: el afirmă existenţa unei noi funcţii extensive de stare, numită ***entropie***, care este o măsură a gradului de degradare a energiei sau a gradului de dezordine din sistem.

În 1865, Rudolf Clausius (1822-1888) a dat formularea clasică a principiilor unu şi doi ale termodinamicii:

Energia universului rămâne constantă.
Entropia universului se deplasează
întotdeauna spre un maxim.

Dacă se neglijează amănuntele, se pot formula următoarele adevăruri simple: ***După termodinamica clasică, energia are două calităţi: (1) – liberă sau disponibilă şi (2) – legată sau nedisponibilă***. Energia liberă este acea energie care poate fi transformată în lucru mecanic.

În natură permanent se manifestă tendinţa de trecere a energiei libere în energie legată. Astfel, Universul material suferă în permanent o transformare calitativă, de fapt o degradare calitativă a energiei. Rezultatul final va fi că toată energia devine nedisponibilă. Pentru a clarifica mai bine lucrurile să folosim apa ca un simbol al energiei. Dacă pe un vârf de munte există apă, aceasta posedă o energie, disponibilă sau liberă, pe care o putem întrebuinţa în căderea ei, făcând-o să treacă prin turbine generatoare de electricitate. Dar, o dată ce apa a atins nivelul mării, nici un fel de energie cinetică nu mai este disponibilă pentru a dezvolta curent electric. Teoretic,

masa de apă rămâne aceeaşi, dar energia liberă, disponibilă, se schimbă şi se micşorează pe măsură ce apa scade în altitudine. Astfel, energia totală în cosmos rămâne aceeaşi dar energia disponibilă scade încontinuu. Energia disponibilă se apropie, ca să spunem aşa, încontinuu de poziția «nivelul mării» unde nimic de natura lucrului mecanic nu se mai poate obține.

Nici materia şi nici energia nu se creează şi nu se distruge. Dar, ambele se pot transforma: ***materia se poate transforma în energie şi invers***, ca în cazul, de exemplu, al reactorului atomic sau al bombei atomice ori cu hidrogen, când cantitatea totală de materie, plus energie, rămâne constantă. Cu toate acestea, energia disponibilă pentru efectuarea unui lucru mecanic se diminuează în mod implacabil, odată cu scurgerea timpului ceea ce înseamnă că potențialul de energie nedisponibilă din univers este în continuă creştere. Procesul de transformare a energiei disponibile în energie nedisponibilă se apreciază pe baza unei mărimi cunoscută sub numele de entropie.

Cum principiul al doilea afirmă, pe baze experimentale, într-una din formulările lui, că într-un proces reversibil (ideal) schimbul de căldură este mai mare decât într-un proces ireversibil (real), rezultă că:

$$dS \geq \frac{\delta Q}{T}$$

semnul egal corespunzând proceselor reversibile. Această relație exprimă matematic principiul al doilea al termodinamicii. Se observă că pentru procesele reale relația este o inegalitate, adică principiul indică numai sensul proceselor, de aceea se spune că principiul al doilea are un caracter calitativ.

Dar, ***căldura este energie dezordonată*** şi ca atare trecerea la corelația dintre entropie şi dezordine se poate face relativ simplu. ***Căldura constă din mişcare neregulată a particulelor, iar echilibrul termodinamic este rezultatul unui proces de amestecare (a particulelor şi vitezelor lor) care se desfăşoară de la sine***.

Calitativ, în noua interpretare, principiul al doilea are formularea: ***În natură ordinea tinde în permanență să se transforme în dezordine***. Prin urmare, ***dezordinea devine tot mai mare; universul se îndreaptă astfel spre haos, o imagine mult mai înfricoşătoare decât moartea termică***.

Aceleaşi fapte pot fi exprimate altfel spunând că în natură totul tinde în mod continuu spre o stare cu probabilitate mai mare. Este improbabil că apa va sta pe vârful muntelui. Dacă are posibilitatea, se va deplasa către o zonă cu probabilitate mai mare, mai aproape de nivelul mării. Apa tinde către poziția de minimă energie disponibilă, aşa cum toate lucrurile din natură tind către zona entropiei maxime sau cu probabilitatea cea mai mare. Aşadar, ***toate lucrurile din lumea fizică tind către zona de entropie maximă sau probabilitate de stare extremă***.

Prin această nouă interpretare a entropiei se face şi legătura dintre termodinamica clasică şi mecanica statistică. În mecanica statistică, Ludwig Boltzmann (1844 – 1906), în anul 1880, dă un sens precis dezordinii şi exprimă legătura sa cu entropia prin relația:

$$S = k \ln w$$

în care **k** este constanta lui Boltzmann, iar **w** – parametrul de dezordine sau probabilitatea termodinamică de stare.

Definiția statistică a entropiei leagă tabloul termodinamic de cel mecanic-statistic şi permite a se transforma principiul al doilea al termodinamicii într-un limbaj statistic. Sensul în care au loc procesele naturale (către entropie mai mare) este determinat de legile probabilității (către o stare mai probabilă). Starea de echilibru este starea de entropie maximă din punct de vedere termodinamic şi este starea cea mai probabilă din punct de vedere statistic.

Conceptul de entropie, fie exprimat prin relația lui Clausius, fie prin relația lui Boltzmann, ***precizează direcția de desfăşurare a evenimentelor*** între trecut, prezent şi viitor. Există o mare diferență între direcțiile înainte şi înapoi ale timpului real în viața obişnuită. Să ne imaginăm, de exemplu, că un pahar cu apă cade după masă şi se sparge în bucăți pe podea. Dacă se filmează aceasta, se poate spune uşor dacă filmul rulează înainte sau înapoi. Dacă rulează înapoi se va observa cum se adună bucățile de sticlă de pe podea şi sar înapoi formând un pahar cu apă pe masă. Se poate preciza că filmul rulează înapoi; acest fel de comportare nu se observă niciodată în viața obişnuită.

Explicația care se dă de obicei pentru faptul că nu se observă pahare sparte adunându-se de pe podea şi sărind din nou pe masă este că acest lucru este interzis de principiul al doilea al termodinamicii. Acesta spune că: ***în orice sistem închis dezordinea sau entropia creşte întotdeauna cu timpul***. Un pahar intact pe masă reprezintă o stare ordonată, dar un pahar spart pe podea este o stare dezordonată. Se poate trece uşor de la paharul de pe masă din trecut la paharul spart de pe podea din viitor, dar nu invers.

Creşterea dezordinii sau entropiei cu timpul reprezintă un exemplu de sens al timpului, ceva care diferențiază trecutul de viitor, dând timpului o direcție. Există cel puțin trei sensuri diferite ale timpului. Primul este sensul termodinamic al timpului, direcția timpului în care dezordinea sau entropia creşte. Apoi, există sensul psihologic al timpului. Aceasta este direcția în care noi simțim trecerea timpului, dar nu viitorul. În sfârşit, există un sens cosmologic al timpului. Acesta este direcția timpului în care universul se extinde, nu se contractă.

Dar, toate cele trei sensuri ale timpului sunt îndreptate în aceeaşi direcție întrucât, sensul psihologic este determinat de sensul termodinamic şi ambele sunt îndreptate totdeauna, în mod necesar, în aceeaşi direcție.

Pentru univers, ştiința modernă demonstrează că trebuie să existe sensuri termodinamice şi cosmologice bine definite ale timpului, dar ele nu vor fi îndreptate în aceeaşi direcție pentru întreaga istorie a universului. Totuşi se demonstrează că numai atunci când ele sunt îndreptate în aceeaşi direcție sunt condiții adecvate pentru dezvoltarea ființelor inteligente.

În vremurile când se discutau şi se interpretau aceste date ştiințifice, despre principiile termodinamicii, era la studii, în zona culturii

germane, Mihai Eminescu. Se ştie precis că el a studiat şi a audiat cursuri ale marilor savanți ai epocii, cum sunt Robert Mayer (1814-1878), Ludwig Boltzmann (1844-1906), Wiliam Thomson, devenit Lord Kelvin (1824-1907), Rudolf Clausius (1822-1888) şi alții. Desigur, nu şi-a adus contribuția la dezvoltarea teoriilor din termodinamică, dar opera lui poetică confirmă înțelegerea profundă a principiilor termodinamice, îndeosebi principiul al doilea. Vom prezenta câteva versuri care confirmă aceasta:

Pe când luna străluceşte peste-a tomurilor bracuri,
Într-o clipă-l poartă gândul îndărăt cu mii de veacuri,
La-nceput, pe când ființă nu era, nici neființă,
Pe când totul era lipsă de viață şi voință,
Când nu s-ascundea nimica, deşi tot era ascuns...
Când pătruns de sine însuşi odihnea cel nepătruns,
Fu prăpastie ? genune ? Fu noian întins de apă ?
N-a fost lume pricepută şi nici minte s-o priceapă.
Căci era un întuneric ca o mare făr-o rază,
Dar nici de văzut nu fuse şi nici ochiu care s-o vază.
Umbra celor nefăcute nu-ncepuse-a se desface,
Şi în sine împăcată stăpânea eterna pace !...
Dar deodat-un punct se mişcă... cel întâi şi singur. Iată-l
Cum din chaos face mumă, iară el devine tatăl...
Punctu-acela de mişcare, mult mai slab ca boaba spumii,
E stăpânul fără margini peste marginile lumii...
De-atunci negura eternă se desface în fâşii,
De atunci răsare lumea, lună, soare şi stihii...
De atunci şi până astăzi colonii de lumi pierdute
Vin din sure văi de chaos pe cărări necunoscute,
Şi în roluri luminoase izvorând din infinit,
Sunt atrase în viață de un dor nemărginit.
.....
.....
În prezent cugetătorul nu-şi opreşte a sa minte,
Ci-ntr-o clipă gându-l duce mii de veacuri înainte;
Soarele, ce azi e mândru, el îl vede trist şi roş
Cum se-nchide ca o rană printre norii întunecoşi,
Cum planeții toți îngheață şi s-azvârl rebeli în spaț'
Ei, din frânele luminii şi ai soarelui scăpați;
Iar catapeteasma lumii în adânc s-au înnegrit,
Ca şi frunzele de toamnă toate stelele-au pierit;
Timpul mort şi-ntinde trupul şi devine vecinicie,
Căci nimic nu se întâmplă în întinderea pustie,
Şi în noaptea neființei totul cade, totul tace,
Căci în sine împăcată reîncep-eterna pace...

din Scrisoarea I-a, sau:

Din chaos, doamne-am apărut
Şi m-aş întoarce-n chaos...

Şi din repaos m-am născut,
Mi-e sete de repaos.
din Luceafărul.

Străbat în aceste versuri celebre teoriile moderne ale cosmologiei cunoscute sub numele de "Big Bang" (marea explozie) şi respectiv "Bing Crunch" (marea implozie).

Se va considera, mai întâi, sensul termodinamic al timpului. Al doilea principiu al termodinamicii rezultă din faptul că există totdeauna mai multe stări dezordonate decât cele ordonate. S-au prezentat, anterior, exemple în acest sens.

Pentru prezentarea sensului psihologic al timpului trebuie să apelăm la funcționalitatea memoriei umane. Este însă dificil să vorbim despre funcționalitatea memoriei umane, întrucât nu se cunoaşte încă cum lucrează creierul în detaliu. Se ştie însă totul despre modul în care lucrează memoria computerelor, care este realizată în similitudine cu ceea ce se cunoaşte, fie şi sumar, despre memoria umană. Considerăm că este rezonabil, din acest punct de vedere, să se presupună că sensul timpului pentru computere este acelaşi ca pentru ființe umane. De fapt, dacă nu ar fi, s-ar putea obține date exacte despre viitorul bursei apelându-se la ajutorul computerelor ce o deservesc !

Memoria unui computer este un dispozitiv care conține elemente care pot exista într-una din două stări: da şi nu (0 şi 1). Înainte ca un element să fie înregistrat în memoria unui computer (de exemplu, un text oarecare), memoria este în stare dezordonată, cu probabilități egale pentru cele două stări posibile (literele fonturilor sunt împrăştiate întâmplător în memoria computerului). După ce memoria interacționează cu sistemul uman ce o utilizează, ea se va găsi clar într-o stare sau alta, conform stării sistemului complex format de om-computer (fiecare literă din font se va reproduce într-o anumită ordine în text, în conformitate cu dorința editorului). Astfel, memoria a trecut de la starea dezordonată la una ordonată. Totuşi, pentru a se asigura că memoria este într-o stare corectă, este necesar să se utilizeze o anumită cantitate de energie liberă (pentru a scrie textul, a-l asigura în timp, a-l tipări etc.). Un anumit procent din această energie se fixează în ordinea textului, iar o parte şi mai mare, se disipează sub formă de căldură şi măreşte cantitatea de dezordine din mediul înconjurător. Se poate demonstra deci că această creştere a dezordinii este întotdeauna mai mare decât creşterea ordinii memoriei, prin textul încorporat în aceasta.

Sensul nostru subiectiv al direcției timpului, sensul psihologic al timpului, este determinat deci în creierul nostru de sensul termodinamic al timpului. La fel ca un computer, noi trebuie să ne amintim lucrurile în care creşte sau scade entropia. Aceasta face principiul al doilea al termodinamicii aproape neînsemnat. Dezordinea creşte cu timpul deoarece noi măsurăm timpul în direcția în care ordinea creşte.

Sensul cosmologic al timpului coincide cu sensul termodinamic întrucât altfel nu ar fi posibilă viața inteligentă în Univers. Pentru a supraviețui , ființele umane trebuie să consume hrană, care este o formă ordonată de energie şi o

transformă în căldură, care este o formă dezordonată de energie. Aceasta explică de ce observăm că sensurile termodinamice şi cosmologice ale timpului sunt îndreptate în aceeaşi direcție.

Pentru a rezuma, legile ştiinței nu fac distincție între direcțiile înainte şi înapoi ale timpului. Totuşi, există cel puțin trei sensuri ale timpului care diferențiază trecutul în viitor. Ele sunt sensul termodinamic, direcția timpului în care dezordinea creşte: sensul psihologic, direcția timpului în care ne amintim trecutul şi nu viitorul; sensul cosmologic, direcția timpului în care universul se extinde, sub efectul Big Bang-ului (marii explozii) şi nu se contractă, sub efectul Big Crunch-ului (marii implozii). Sensul psihologic este esențial acelaşi cu sensul termodinamic, astfel că cele două sunt îndreptate întotdeauna în aceeaşi direcție.

Aşa cum s-a observat, în legătură cu principiul al doilea al termodinamicii a fost nevoie să se definească conceptul de entropie. Entropia unui sistem este îndeobşte exprimată matematic şi, deci, este dificil să fie definită cu exactitate fără a ține cont de descrierea matematică a unui sistem. În general însă entropia poate fi definită ca o funcție matematică care evaluează "dezordinea" sau "energia degradată" din sistem. În oricare din cazuri, principiul al doilea spune că ***entropia oricărui sistem creşte (dacă el este izolat sau universal), fie tinde să crească (dacă este închis sau deschis)***.

Există numeroase modalități de a descrie principiul al doilea al termodinamicii (sau măsura lui, entropia), toate fiind echivalente şi interschimbabile. În sistemele fizice, de exemplu, ea este de obicei exprimată în trei moduri.

1. Ca măsură a crescândei inaccesibilități a energiei sistemului pentru lucrul util (termodinamica clasică);
2. Ca măsură a crescândei dezordini, a hazardului sau a probabilității organizării componentelor sistemului (termodinamica statistică);
3. Ca măsură a crescândei perturbări a informației în transmiterea mesajului codificat printr-un sistem (termodinamica informațională).

Entropia este deci măsura energiei degradate într-un sistem în stare de funcționare, a dezordinii dintr-un sistem structurat sau a "bruiajului" dintr-un sistem informațional. Toate folosesc aceleaşi tipuri de formule matematice şi deci, în esență, toate sunt echivalente.

Conceptul poate fi extins în continuare. ***În sistemele biologice, fenomenele bolii, ale morții etc. reprezintă manifestări ale principiului al doilea al termodinamicii. În sistemele economice şi sociale, tendința societăților, cândva viguroase, de a se atrofia şi de a se dezintegra, este un alt exemplu***.

d. ***Al treilea principiu al termodinamicii***. A fost formulat mai întâi de către Walter Nernst (1864-1941), chimist şi fizician german, în anul 1906 şi a fost denumit, la început, ***principiul lui Nernst***, denumire care s-a păstrat multă vreme. Formularea lui Nernst a fost: "***în reacțiile chimice***

dintre faze condensate, lichide sau solide, lucrul mecanic reversibil şi entalpia de reacţie sunt egale la punctul de zero absolut şi în vecinătatea lui" şi ***"În vecinătatea lui zero absolut entropia oricărui sistem este totdeauna constantă"***. A fost reformulat de Max Planck (1858-1947), fizician german, fost profesor la Kiel şi Berlin, sub forma: "***Entropia oricărui corp solid tinde spre zero, în apropiere de zero absolut"***. Cele două formulări ale lui Nernst şi Planck se contopesc în una singură şi capătă denumirea de principiul Nernst-Planck: ***"când temperatura absolută a unui sistem tinde către zero, entropia sa tinde către o constantă universală, finită, care – pentru sistemele pure condensate – poate fi egală cu zero"***. Formularea este, în continuare, extinsă astfel: "***entropia tuturor substanţelor ajunse în echilibru termodinamic intern tinde spre zero, în apropiere de zero absolut"***. Capătă şi denumirea de ***al treilea principiu al termodinamicii***. În acest fel devine posibilă determinarea valorii reale a entropiei pentru substanţele solide, lichide şi gazoase, aflate la orice temperatură (întrucât valoarea inferioară a entropiei este cunoscută fiind egală cu zero).

Însă, o altă afirmaţie de bază a principiului al treilea arată că ***"punctul de zero absolut este imposibil de atins pe cale experimentală"*** fapt ce conduce imediat la afirmaţia că ***"entropia oricărei substanţe cristaline, chair cu puritate de 100%, nu poate atinge valoarea zero"***.

Principiul al treilea a fost stabilit, după cum se poate simplu observa, pe cale teoretică. Tot pe cale teoretică, pe baza mecanicii cuantice, Erwin Scrödinger (1887-1961) stabileşte teorema: ***"la temperatura zero absolut dezordinea moleculară încetează a mai avea vreo legătură cu evenimentele fizice"***.

Cu alte cuvinte, ***principiul al treilea la termodinamicii afirmă posibilitatea perfecţionării continue a rezultatelor activităţilor umane, dar niciodată nu se poate obţine perfecţiune absolută***. Este, de asemenea, un principiu universal şi afirmă imposibilitatea obţinerii perfecţiunii absolute.

De fapt, în concordanţă cu această concluzie a principiului al treilea al termodinamicii, există şi alte legi din ştiinţele naturii. Vom menţiona, de exemplu, principiul nedeterminării sau a incertitudinii al fizicianului german Werner Karl Heisenberg (1901-1982), descoperit în 1926. Principiul incertitudinii formulat de Werner Heisenberg are la bază raţionamentul că pentru a prezice poziţia şi viteza viitoare a unei particule, trebuie să i se poată măsura precis poziţia şi viteza actuale. Cale evidentă pentru a face acest lucru era să se trimită lumină pe particulă. Unele dintre undele de lumină vor fi împrăştiate de particulă şi aceasta va indica poziţia sa. Totuşi, poziţia particulei nu se va putea determina mai precis decât distanţa dintre maximele undei de lumină, astfel că pentru a măsura precis poziţia particulei este necesar să se utilizeze lumina cu lungime de undă mică. Dar, conform ipotezei cuantice a lui Max Planck, nu se poate utiliza o cantitate arbitrar de mică de lumină; trebuie să se utilizeze cel puţin o cuantă deoarece prin ipoteză aceasta este unitate de energie, indivizibilă. Această cuantă va

perturba şi-i va modifica viteza într-un mod care nu poate fi prezis. Mai mult, cu cât se măsoară mai precis poziția, cu atât este mai scurtă lungimea de undă a luminii necesară şi deci cu atât este mai mare energia unei singure cuante. Astfel, viteza particulei va fi perturbată cu o cantitate mai mare. Cu alte cuvinte, cu cât se măsoară mai precis poziția particulei, cu atât mai puțin precis se poate măsura viteza şi viceversa. Heisenberg a arătat că incertitudinea vitezei sale înmulțită cu masa particulei nu poate fi niciodată mai mică decât o anumită cantitate numită constanta lui Planck. Mai mult, această limită nu depinde de modul în care se încearcă măsurarea poziției sau vitezei particulei sau de tipul particulei: ***principiul de incertitudine al lui Heisenberg este o proprietate fundamentală, inevitabilă a lumii***.

Probabilitatea de prezență a particulei într-o zonă determinată a spațiului depinde de coordonata de poziție **x** şi dacă se notează cu Δ**x** şi respectiv $\Delta \mathbf{p_x}$ imprecizia în determinarea coordonatei de poziție, respectiv a impulsului în direcția **x**, imprecizia probabilității de existență a particulei într-o anumită zonă a spațiului se determină cu relația,

$$\Delta x.\Delta p_x \geq \frac{1}{2}\frac{h}{2.\pi}$$

şi întrucât **p = m.v**, se poate scrie:

$$\Delta x.\Delta p_x \geq \frac{1}{2.m}\frac{h}{2.\pi}$$

Principiul incertitudinii a avut implicații profunde pentru modul cum observăm lumea. Chiar după circa şapte decenii de la descoperirea lui principiul incertitudinii nu a fost înțeles de mulți filozofi şi este încă subiectul multor controverse[9]. Principiul incertitudinii a semnalat sfârşitul visului lui Laplace despre o teorie a ştiinței, un model al universului care ar fi complet determinist; desigur, nu se pot prezice precis evenimentele viitoare dacă nu se poate măsura precis starea actuală a universului.

Principiul incertitudinii al lui Heisemberg, precum şi alte legi din ştiință, evidențiază posibilitatea şi necesitatea progresului, întrucât tindem spre perfecțiune dar nu atingem niciodată perfecțiunea absolută.

În concluzie se poate spune că:

Primul principiu al termodinamicii este legat de conceptul de ***energie internă***, care este o ***funcție de stare***. Acest principiu exprimă, în esență, faptul că ***există o funcție termodinamică utilă*** numită ***energie internă***. De asemenea, primul principiu al termodinamici spune că nu se poate construi un perpetuum mobile de speța I-a.

Principiul al doilea al termodinamicii este legat de conceptul de ***entropie***, care este şi ea o ***funcție de stare***. În esență, acest principiu exprimă faptul că ***există o funcție termodinamică utilă*** numită ***entropie***. De asemenea, al doilea principiu al termodinamicii, exprimă faptul că nu se poate realiza perpetuum mobile de speța II-a.

---

[9] Alfred Kastler, *Această stranie materie*, Ed. Politică, Bucureşti, 1982

Principiul al treilea al termodinamici este legat de cele două funcții de stare, ***energia internă*** şi ***entropia***, dând metodele de determinare numerică a acestora, pentru a putea fi utilizate în practică. De asemenea, al treilea principiu al termodinamicii, exprimă posibilitatea şi necesitatea acționării în direcția progresului permanent, în toate fenomenele vieții materiale şi spirituale.

3.6. Funcții termodinamice caracteristice şi potențiale termodinamice

Prin funcții termodinamice caracteristice se înțeleg acele funcții de stare ale unui sistem termodinamic, a căror dependență explicită de parametrii de stare fiind cunoscută, permit să se obțină toate informațiile termodinamice privitoare la sistemul considerat.

Potențial termodinamic este orice funcție caracteristică a cărei variație este egală cu lucrul mecanic efectuat asupra sistemului de alte forțe generalizate decât presiunea.

În principiu, numărul funcțiilor caracteristice care se pot construi este nelimitat. Totuşi numai câteva dintre acestea prezintă importanță practică la analiza sistemelor termodinamice.

Energia internă. Energia internă (**U**) a unui sistem termodinamic reprezintă suma energiilor de mişcare ale moleculelor, a energiilor lor de interacție (atât între ele, cât şi cu câmpuri de forțe exterioare), precum şi a energiilor intramoleculare (ale legăturilor chimice) şi interatomice ale particulelor ce alcătuiesc sistemul.

În cazul sistemelor izolate, energia internă rămâne constantă, diferitele tipuri de energii atomo-moleculare transformându-se unul în altul. Energia internă a sistemelor neizolate variază la trecerea dintr-o stare în alta cu o cantitate **dU**, egală cu suma algebrică a schimburilor de căldură **dQ**, de lucru mecanic $\mathbf{dL_m}$, **de energie electrică** $\mathbf{dL_e}$, **chimică** $\mathbf{dL_{ch}}$ etc. Deci:

$$\mathbf{dU = dQ + dL_m + dL_e + dL_{ch} + \ldots}$$

În această relație, oricare dintre mărimile din membrul drept este pozitivă atunci când sistemul primeşte respectiva formă de energie şi negativă, atunci când o cedează.

Energia internă **U** este o mărime determinată de starea termodinamică internă a sistemului, de proprietățile substanței constitutive, de cantitatea de substanță şi, deci, este o mărime de stare exterioară. Orice acțiune a mediului exterior asupra unui sistem, prin care se schimbă energie cu sistemul respectiv, duce la modificarea energiei sale interne. Dacă contactul dintre mediu şi sistem este atât mecanic, cât şi termic, acesta poate schimba cu mediul înconjurător energie mecanică (sub formă de lucru mecanic **L**) şi energie termică (sub formă de căldură **Q**).

$$\mathbf{Q = U_2 - U_1 + L_{1,2}}$$

unde indicii **1** şi **2** precizează starea inițială şi finală a schimbului de energie.

Căldura este o formă de manifestare a schimbului de energie la contactul termic a două corpuri de temperatură diferită; ea are un caracter

tranzitoriu, cu existența numai în timpul schimbului de energie şi nu este un parametru de stare. Termodinamic, căldura este considerată energie degradată.

Entropia. Entropia este o funcție de stare extensivă, care depinde de cantitatea de substanță din sistem, fiind definită cantitativ prin expresia: $\mathbf{dS = \delta Q/T}$, în care $\delta\mathbf{Q}$ este cantitatea de energie termică schimbată ireversibil de sistem la temperatura absolută **T**, pe baza principiului al doilea al termodinamicii.

Spre deosebire de energie, entropia nu se conservă, ci prin orice proces care se produce într-un sistem izolat, ea creşte: $\mathbf{dS > 0}$, rămânând constantă la valoarea maximă atinsă atunci când sistemul a ajuns în stare de echilibru, când în interiorul său nu se mai produce nici o transformare: $\mathbf{dS_{echilibru} = 0}$. La nivel molecular creşterea entropiei exprimă dezorganizarea progresivă a sistemelor izolate. Aspectul cel mai important de reținut este că un sistem ajuns în stare de echilibru nu mai poate efectua nici un travaliu, efectuarea oricărei acțiuni realizându-se numai de către sistemele ce evoluează către echilibru. Pentru a face mai puțin abstractă această afirmație, este suficient să ne gândim că paletele unei turbine pot fi învârtite numai de apa care tinde să ajungă de la un nivel mai ridicat la nivelul mai scăzut, dar, odată ajunsă în acea stare de echilibru, este evident că respectiva apă nu mai poate avea vreun efect asupra turbinei. Procesele ce se desfăşoară în sensul scăderii entropiei, deci în sensul îndepărtării de echilibru, pot avea loc numai cu "consum" de energie liberă.

Variația entropiei unui sistem neizolat este rezultanta a doi termeni: o creştere a entropiei cauzată de procesele care au loc în interiorul sistemului $\mathbf{d_iS > 0}$ şi un flux de entropie legat de schimbul de căldură cu exteriorul: $\mathbf{d_eS = dQ/T <,=,> 0}$. Întrucât schimburile de căldură ale oricărui sistem pot fi în ambele sensuri, acest termen poate să fie pozitiv, atunci când sistemul primeşte căldură din exterior, cât şi negativ, atunci când ele degajă căldură spre exterior. Primirea unei cantități de căldură determină intensificarea agitație termice din sistem, deci accentuarea dezordinii moleculelor sale, ceea ce se exprimă prin creşterea entropiei. În mod analog, un sistem care elimină în exterior căldură îşi scade entropia. Datorită termenului de schimb cu exteriorul $\mathbf{d_eS}$, variația globală a entropiei unui sistem neizolat, adică suma celor doi termeni discutați anterior, poate fi, pentru scurt timp, negativă:

$$\mathbf{dS = d_iS + d_eS < 0}$$

ceea ce înseamnă că entropia (dezordinea) sistemelor neizolate poate şi să se diminueze (de exemplu, procesele de producție reduc entropia materiilor prime), în timp ce în sistemele izolate, totdeauna, spontan (de la sine) entropia creşte până la un maxim.

Energia liberă. Unul din potențialele termodinamice des utilizate este energia liberă. Ea este o mărime termodinamică definită prin ecuația:

$$\mathbf{F = U - T \cdot S}$$

numită şi potențial termodinamic izoterm-izocor sau energie liberă Helmholtz.

Relaţiile stabilite în cadrul principiului al doilea al termodinamicii arată că în sisteme izolate (fără schimb de energie şi substanţă cu exteriorul), entropia constituie criteriu de echilibru şi de evoluţie a proceselor spontane din sistem. Majoritatea proceselor fizico-chimice însă se desfăşoară în sisteme neizolate, închis (care schimbă energie cu exteriorul) sau deschis (care schimbă energie şi substanţă cu exteriorul). De aceea a fost nevoie să se stabilească criterii de echilibru şi evoluţia a proceselor în aceste sisteme. Funcţiile termodinamice ce pot furniza informaţii cu privire la evoluţia şi condiţiile de echilibru ale sistemului se numesc ***potenţiale termodinamice*** şi la analiza sistemelor închise sunt: energia internă pentru condiţii de entropie şi volum constante; entalpia pentru entropie şi presiune constante, ambele mai puţin utilizate practic. Întru-un sistem închis, la temperatură şi volum constante, pot avea loc, în mod spontan, numai acele procese însoţite de o scădere a energiei libere a sistemului; la echilibru, energia liberă a sistemului este minimă şi se menţine la o valoare constantă (**dF = 0**).

3.7. Biosistemele ca sisteme termodinamice

Aşa cum s-a specificat anterior, termodinamica a apărut ca domeniu ştiinţific legat de analiza randamentului maşinilor cu vapori, a maşinilor motoare.

Dar, anterior revoluţiei industriale din secolul trecut, aproape toată forţa motrice utilizată de civilizaţia umană provenea de la travaliul muscular, fie propriu, fie al animalelor de tracţiune. De aici şi până la crearea unei analogii între fiinţele vii şi maşini n-a fost decât un pas. Această idee a fost formulată foarte explicit prima dată de către medicul şi filozoful francez *Julien Offroi de La Mettrie* (1709-1751), în 1747, chiar în titlul cărţii sale ***Omul maşină***[10], însă ideea poate merge, pe aripile timpului înapoi până la Homer. În cartea 18-a din Iliada, zeul fierar Hefaistos este descris înconjurat de fete din aur, care arată ca nişte fiinţe adevărate, vorbesc şi îl ajută pe creatorul lor. De la Homer la Karel Capek, care a introdus termenul robot în vorbirea curentă, imaginaţia scriitorilor a născut felurite maşini vii. În paralel cu aceasta, diferitele activităţi ale organismelor au fost analizate prin comparaţie cu funcţiile, evident, mai simple, ale maşinilor. Iar tipul de maşină cu care era comparat organismul animal a evoluat în paralel cu tehnica diferitelor perioade istorice, de la pârghii şi pompe, la maşinile termice şi ajungând până la sistemele electronice, cu a căror funcţionare este asemănat adesea, în prezent, homo ciberneticus.

Similitudinea funcţională între diverse sisteme tehnice şi părţi ale organismului uman constă, în esenţă, din punct de vedere energetic, în faptul că ambele utilizează energia stocată în legăturile chimice ale

---

[10] La Mettrie, *Omul maşină şi alte opere filozofice*, Ed. Ştiinţifică, Bucureşti, 1961

moleculelor "combustibilului" pentru a produce lucrul mecanic. Atât sisteme tehnice energetice, cât şi organismele oxidează substanţele organice până la apă şi dioxid de carbon. Dar, este o deosebire esenţială care constă în faptul că în organisme este o conversie chemo-mecanică directă, în timp ce în maşinile termice aceasta se face prin intermediul căldurii. Consecinţa ? Randamentul de transformare energetică în cazul organismelor este mult mai mare decât în cazul maşinilor termice. Astfel, în cazul organismului omenesc, măsurătorile fiziologice arată că aproximativ 25% din energia chimică din alimente se poate regăsi sub formă de lucru mecanic muscular efectuat în exterior, o parte din energie este implicată pentru menţinerea ca atare a organismului, de exemplu activitatea inimii etc. Dacă ar funcţiona ca maşini termice, în organisme ar trebui să existe diferenţe de cel puţin 105^0C ceea ce, dată fiind labilitatea termică a biomoleculelor, ar determina autodescompunerea lor. În organisme nu se produce acea degradare a energiei libere pe care o implică trecerea ei în căldură.

Aplicat la biosistem, primul principiu al termodinamicii conduce la formularea următorului bilanţ energetic:

Variaţia rezervelor organismului	=	**Energia chimică din alimente**	-	**Căldura degajată**	-	**Lucrul mecanic efectuat**

Pentru a se evalua intensitatea de bază, minimă, a metabolismului energetic, independentă de intensitatea activităţii musculare, se determină căldura degajată atunci când organismul respectiv este în repaus şi nu a ingerat alimente de cel puţin 12 ore. Această degajare de căldură constituie metabolismul bazal care, în cazul organismului uman, consumul a 1 ml O_2 corespunde cu producerea (în medie) a unei cantităţi de căldură de 20,9 J. Se evaluează că această căldură se elimină prin radiaţie termică (circa 60%), prin transpiraţie (circa 22%), prin conducţie (circa 12%) şi prin convecţie (circa 6%).

Producerea de căldură în organisme, datorită reacţiilor chimice catabolice de oxido-reducere, are loc continuu în toate celulele, dar este cu atât mai semnificativă, cu cât ţesutul respectiv are un metabolism mai intens şi o pondere mai mare în ansamblul masei organismului. Cel mai intens metabolism îl are creierul, inima, ficatul şi glandele endocrine. Însă, deoarece muşchii reprezintă aproximativ jumătate din masa corporală, ei furnizează, chiar în stare de repaus, 30% din căldura degajată de organismele mamiferelor.

CAP.4. PRINCIPIUL AL DOILEA AL TERMODINAMICII ŞI BIOSISTEMELE

"Existența unei săgeți a timpului, comună şi omului şi sistemelor fizice, este, poate, faptul care exprimă în maniera cea mai frapantă unitatea universului; este fără îndoială elementul prin excelență unificator al viziunii moderne asupra naturii".

Ilya Prigogine

4.1. Structuri disipative

Formularea de către Jean-Baptiste Joseph Fourier (1768-1830) a legii ce guvernează propagarea căldurii a constituit prima descriere cantitativă a unui lucru neconceput în dinamică, un proces ireversibil. Această lege a pus bazele ştiinței căldurii, a cărei dezvoltare ulterioară a dat naştere la prima ştiință "ne-clasică" – ***termodinamica***.

Contribuția cea mai originală a termodinamicii la progresul general al ştiinței a constat în "***renumita lege a doua, care introduce în fizică săgeata timpului"*** (Ilya Prigogine[1]).

Termodinamica s-a dezvoltat în forma sa clasică în secolul al XIX-lea, considerat a fi secolul evoluției: studiul biologiei, geologiei, sociologiei au subliniat procesele de devenire, de creştere a complexității.

Actualmente se cunoaşte că termodinamica se bazează în mod precis pe două tipuri de procese: procese reversibile, care sunt independente de direcția timpului şi procese ireversibile, care depind de direcția timpului. Tocmai pentru a face distincția dintre aceste două tipuri de procese s-a introdus conceptul entropiei, o mărime care creşte numai datorită proceselor ireversibile.

Însă, dat fiind nivelul general de dezvoltare a ştiinței în secolul al XIX-lea, pentru crearea eşafodajului teoretico-cantitativ al termodinamicii, s-au luat în considerare numai starea finală de evoluție a termodinamici. Aceasta constă în termodinamica de echilibru. În acest eşafodaj teoretic, procesele ireversibile erau considerate ca fiind o anomalie, un subiect ce nu merită a fi studiat.

În timpurile noastre situația s-a schimbat complet. Ştim că toate procesele din natură sunt ireversibile. Chiar şi cele studiate de mecanica clasică sunt procese ireversibile. Mişcarea pendulului dă impresia unui proces reversibil, cu deplasarea continuă a acestuia între două limite, însă,

---

[1] Ilya Prigogine, *Introduction a la thermodynamique des processus irrèversibles*, Paris, Dunod, 1968

pe seama deplasării gravitaționale continue a unei greutăți şi pe seama uzurii continue a elementelor mecanismului respectiv.

Transformările reversibile țin de ştiința clasică, în sensul că definesc posibilitatea de a acționa asupra unui sistem, de a-l controla. Obiectul dinamic era controlabil prin intermediul condițiilor sale inițiale. O pregătire adecvată a sistemului antrenează o evoluție dorită spre cutare sau cutare stare predominantă. Obiectul termodinamic definit în termenii transformărilor sale reversibile este controlabil prin condițiile sale la limită: *un sistem la echilibru termodinamic căruia i se schimbă progresiv fie temperatura, fie volumul, fie presiunea, trece printr-o serie de stări de echilibru şi inversiunea manipulării antrenează, în mod ideal, reîntoarcerea la starea inițială.* Caracterul reversibil al evoluției şi controlul prin condițiile de limită sunt în întregime interdependente. În acest cadru al termodinamicii secolului al XIX-lea, ireversibilitatea este definită negativ, ea nu apare decât ca o evoluție "necontrolată" care se produce de fiecare dată când sistemul scapă de sub control. Acest punct de vedere poate fi însă inversat, în procesele ireversibile, care determină scăderea randamentului, se poate vedea ultimul semn care mai persistă din activitatea spontană şi intrinsecă a materiei într-o situație în care manipulările experimentale reuşesc s-o cumuleze. Diferența dintre randamentul ideal şi randamentul real indică în acest caz, în mod negativ, o proprietate care diferențiază esențialmente sistemele dinamicii clasice de sistemele termodinamicii, obiectul termodinamic, contrar obiectului dinamic, nu este controlat decât parțial, i se poate întâmpla "să scape" într-o evoluție spontană, deoarece pentru acest sistem evoluțiile nu sunt echivalente.

Dar, aşa cum s-a specificat, procesele reale sunt ireversibile întrucât entropia sistemului nu este o mărime conservativă, ea măsoară însăşi transformarea energiei libere în energie legată, cu un anumit randament, totdeauna subunitar. Numai în cazul unui ciclu ideal variația de entropie **dS**, într-un timp infinitezimal **dt** poate fi definită printr-o relație de echivalență între această variație şi schimbările cu mediul care o provoacă în timpul **dt**. Şi în acest caz o inversiune a sensului schimbărilor dintre sistem şi mediu se traduce printr-o inversiune de semn a variației entropiei.

În cazul unor procese reale, neideale, numai o parte din **dS**, care se va nota cu $\mathbf{d_eS}$ posedă aceste proprietăți; $\mathbf{d_eS}$ descrie "fluxul" de entropie între mediu şi sistem, ansamblul transformărilor sistemului determinate de fluxuri de schimb cu mediul, putând fi anulate printr-o inversare a acestor fluxuri.

Însă, schimburile cu mediul provoacă în interiorul sistemului alte transformări care, de data aceasta sunt ireversibile; este vorba de acelea care antrenează o scădere de randament în sistem, adică fluxuri ce nu pot fi readuse la sursa caldă printr-o inversiune a sensului de funcționare a ciclului. Termenul $\mathbf{d_iS}$ este întotdeauna pozitiv sau cel puțin egal cu zero; o inversiune a schimburilor cu mediul nu-i schimbă semnul. ***Variația entropiei dS este, aşadar, suma celor doi termeni: $d_eS + d_iS$, cu proprietăți diferite; primul este independent de direcția timpului, deoarece semnul său depinde numai de sensul schimbărilor cu mediul; cel de al doilea***

nu poate decât să sporească entropia în cursul timpului sau să o lase constantă.

Într-un sistem izolat, fără schimburi cu mediul, fluxul de entropie este prin definiție nul. Nu rămâne decât termenul de "producere" de entropie, şi, din acel moment, entropia sistemului nu poate decât să crească sau să rămână constantă. Aici nu mai este vorba de transformări ireversibile, ca aproximații a unor transformări reversibile; creşterea entropiei indică o evoluție spontană a sistemului. Entropia devine astfel un "indicator de evoluție" şi exprimă existența unei "săgeți a timpului"; pentru orice sistem izolat, viitorul este direcția în care creşte entropia. Pentru un sistem izolat echilibrul apare ca o adevărată "stare de atracție" a stărilor de non-echilibru. În cazul sistemelor neizolate, procesele ireversibile caracterizate de relația:

$$\mathbf{dS = d_eS + d_iS}$$

care semnifică că evoluția spontană spre echilibru este de altă natură decât evoluția determinată şi controlată printr-o alterare a condițiilor la limită (precum temperatura ambiantă).

Următoarea problemă ce trebuie rezolvată era de a crea o legătură între dimensiunile macroscopice ale sistemelor termodinamice şi structura microscopică a acestora. Problema trecerii între nivelele macroscopice a fost făcută de Ludwig Boltzmann (1844-1906), prin definirea probabilistă a entropiei. Prin relația:

$$\mathbf{S = k \,.\, \ln w}$$

Boltzmann a atras atenția că se putea interpreta creşterea ireversibilă a entropiei ca expresie a creşterii dezordinii moleculare, a "uitării" progresive a oricărei disimetrii inițiale. Prin această relație, Boltzmann face din evoluția termodinamică ireversibilă o evoluție spre stări de probabilitate crescândă şi din "starea de atracție", starea macroscopică realizată de aproape totalitatea stărilor microscopice în care se află sistemul.

Însă, $\mathbf{dS = d_eS + d_iS}$ şi întrucât $\mathbf{d_eS <,=,> 0}$, trebuie precizată care este tendința de deplasare entropică a sistemului. Prin $\mathbf{d_iS}$ sistemul arată că are o "producție" de entropie. În acelaşi timp, dacă $\mathbf{d_eS < 0}$, se poate spune că tinde spre $\mathbf{dS < 0}$? Nu, întrucât s-a demonstrat că totdeauna $\mathbf{dS > 0}$. "Producția" de entropie satisface teorema fundamentală a minimului "producției" de entropie. Această teoremă afirmă că ***stările apropiate de starea de echilibru tind spre starea stabilă de neechilibru staționar, în care producția de entropie ia valoarea minimă*** (Ilya Prigogine).

Creşterea entropiei $\mathbf{d_iS}$, datorită ireversibilității proceselor, capătă o interpretare intuitivă în cadrul concepției atomiste asupra structurii materiei. Ideea de bază a acestei interpretări este destul de simplă. Sistemele evoluează de la stări mai puțin probabile spre stări mai probabile; în acelaşi timp însă, conform principiului al doilea, sistemele evoluează de la stările cu entropie mai mică spre stările cu entropie mai mare. Este clar, aşadar, că între entropia unei stări şi probabilitatea de realizare a acestei stări există o legătură strânsă. Iar interpretarea microscopică dă posibilitatea caracterizării probabilității de realizare a stării printr-o mărime fizică. Se observă astfel că o

stare macroscopică dată – numită pe scurt macrostare – definită de parametrii termodinamici, este compatibilă cu un număr foarte mare de stări microscopice – denumite pe scurt microstări – definite de valorile individuale ale parametrilor particulelor microscopice, întrucât unei valori medii îi poate corespunde un mare număr de combinări de valori individuale. Boltzmann postulează că numărul de microstări compatibile cu o macrostare dată, număr denumit pondere statistică sau probabilitate termodinamică de stare **w**, este măsura probabilității de realizare a macrostării. Probabilitatea termodinamică de stare este cu atât mai mare, cu cât acea stare este mai dezordonată.

Pentru a se putea aprecia semnificația fizică a celui de al doilea principiu, este necesară o descriere amănunțită a diferitelor fenomene ireversibile implicate în "producerea" de entropie $\mathbf{d_iS}$ sau în "producerea" de entropie în unitatea de timp: $\mathbf{P = d_iS/dt}$. În acest scop, reacțiile chimice prezintă o semnificație specială, ele formează chiar prototipul proceselor ireversibile. Procesele chimice joacă un rol fundamental în biologie. Celula vie are o activitate metabolică continuă. Acolo au loc simultan mii de reacții chimice pentru a transforma materialul cu care se hrăneşte celula, a sintetiza biomoleculele fundamentale şi a elimina produsele inutile.

Dacă este lăsat izolat, un sistem în care au loc reacții chimice tinde către o stare de echilibru chimic. Echilibrul chimic este astfel un exemplu tipic al unei stări "de atracție".

Dar, în funcție de viteza fluxului de producere a entropiei, $\mathbf{P = d_iS/dt}$, ***procesele ireversibile se divid în două: procese aproape-de-echilibru, unde forțele termodinamice sunt slabe, iar vitezele de producere a entropiei sunt funcții liniare de forțe şi procese departe-de-echilibru, caracterizate de forțe termodinamice mari şi cu vitezele de producere a entropiei ca fiind funcții neliniare de forțe***.

Ca urmare celor de mai sus, se poate spune că termodinamica clasică, creată în secolul al XIX-lea, considerată şi termodinamica de echilibru, stabileşte starea de echilibru prin entropia **S** pentru sistemele izolate şi energia liberă $\mathbf{F = U - T \cdot S}$ pentru sistemele neizolate, la o temperatură dată.

Termodinamica de non-echilibru este o realizare a secolului al XX-lea şi pentru sistemele aproape-de-echilibru introduce o nouă funcție potențială care este însăşi producerea de entropie **P**. Teorema producerii minime de entropie arată că ***"un sistem evoluează către o stare staționară caracterizată de producerea de entropie minimă compatibilă cu constrângerile impuse sistemului. Aceste constrângeri sunt determinate de condițiile de limită. Ele pot, de exemplu, să corespundă la două puncte din sistem ce sunt ținute la diferite temperaturi sau unui flux de materie care alimentează în mod continuu o reacție şi elimină produşii săi"*** (Ilya Prigogine). Cu alte cuvinte, această teoremă a minimului producției de entropie afirmă că: ***stările apropiate de starea de echilibru tind spre starea stabilă de neechilibru staționar, în care producția de entropie ia***

valoarea minimă. Matematic, teorema minimului producției de entropie e dată de relația:

$$\frac{dP}{dt} \leq 0$$

semnul egalității având loc când se atinge starea de neechilibru staționar. Producția de entropie, trebuie să satisfacă relația:

$$\mathbf{P \geq 0}$$

Semnul egalității având loc când sistemul se află în stare, de asemenea, stabilă, de echilibru. Teorema minimului producției de entropie este valabilă cu respectarea unor anumite condiții, cum ar fi echilibrul mecanic al sistemului şi, în primul rând, liniaritatea strictă, prin aceasta înțelegându-se constanța coeficienților fenomenologici.

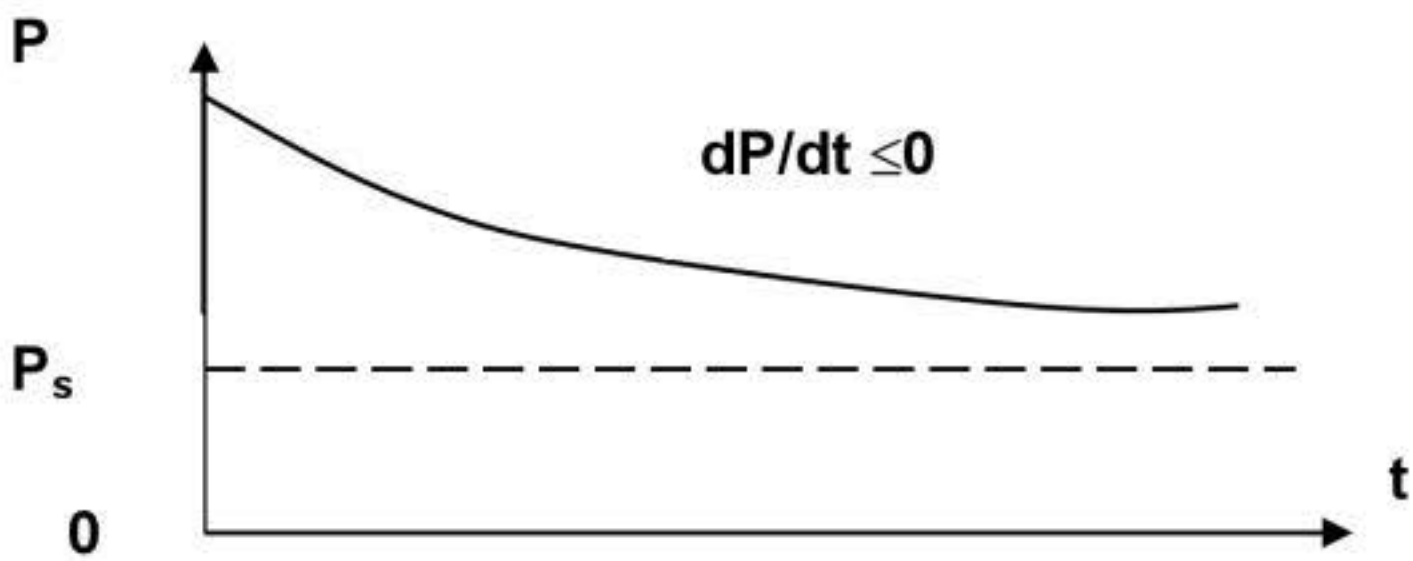


Fig.4.1. Deplasarea spre producția minimă de entropie

În figura 4.1. se prezintă dependența de timp a producției de entropie, aceasta tinzând spre valoarea minimă $\mathbf{P_s}$, când se obține staționaritatea stării (**dP/dt = 0**). Să presupunem acum un sistem, care inițial se găseşte într-o astfel de stare de neechilibru stabilă, producția de entropie prezentând un minim compatibil cu constrângerile la care este supus sistemul. Se va admite apoi, că o perturbație exterioară îndepărtează puțin sistemul din această stare stabilă. Prin aceasta densitatea volumică de entropie va prezenta creşteri, care vor determina, la rândul lor, creşterea producției de entropie. Dar, de îndată ce a încetat perturbația, în virtutea teoremei minimului producției de entropie, **P** va scădea, sistemul tinzând din nou spre starea stabilă de producție de entropie minimă. Această teoremă prezintă o importanță deosebită la analiza stabilității ecosistemelor, cu luarea în considerare a activităților umane sau a altei forțe perturbatoare.

Fluxul de căldură sau de materie ce provine din mediul înconjurător duce spre un flux negativ de entropie $\mathbf{d_eS}$ care este, totuşi, legat de producerea de entropie $\mathbf{d_iS}$ înseamnă că sistemul transferă entropie mediului. De aceea, în

starea staționară particulară, către care tinde sistemul, este aceea în care acest transfer de entropie către mediu este atât de mic încât este incompatibil cu condițiile de limită impuse. În acest context, starea de echilibru corespunde cazului special când condițiile la limită permit producerea de entropie egală cu zero. Cu alte cuvinte, teorema producerii minime de entropie exprimă un gen de "inerție". Când condițiile la limită împiedică sistemul să ajungă în starea de echilibru acesta face următorul şi cel mai bun lucru posibil: se îndreaptă spre o stare de producere de minimă entropie, adică, spre o stare "cât mai" aproape de echilibru.

Se observă aşadar că în termodinamica liniară a lui "aproape-de-echilibru", ca şi în termodinamica echilibrului, clasică, se poate descrie, în funcție de un potențial, o stare staționară, de producere minimă de entropie. Se observă că în domeniul liniar, rolul jucat de procesele ireversibile este în esență acelaşi cu cel din starea de echilibru. Deşi producerea de entropie nu este nulă, ea nu împiedică, totuşi, schimbarea ireversibilă de a fi o evoluție către o stare care se poate deduce în întregime din legile generale.

S-a căutat să se stabilească o lege asemănătoare şi pentru procesele termodinamice în care fluxurile nu sunt funcții liniare de forțe, adică pentru termodinamica neliniară sau fenomene departe-de-echilibru. S-a constatat că la departe-de-echilibru, sistemul poate încă evolua către o stare staționară, dar această stare nu mai poate fi caracterizată în funcție de un potențial potrivit ales (cum ar fi producerea entropiei pentru stările aproape-de-echilibru). S-a constatat că atunci când forțele termodinamice ce acționează asupra unui sistem ating valori care depăşesc regimul liniar, stabilitatea stării staționare sau independența ei față de fluctuațiile din sistem nu mai poate fi garantată.

Ideea genială a lui Ilya Prigogine când a analizat astfel de sisteme a fost să abandoneze *"gândirea clasică"* şi să mărească forțele de instabilitate. A observat astfel că sistemul evolua către un nou regim care poate fi calitativ nou, destul de diferit de stările staționare corespunzătoare producerii minime de entropie. Pentru analiză, aceste sisteme trebuie să se găsească departe-de-echilibru. În fiecare caz în care instabilitatea este posibilă trebuie stabilit punctul de plecare, distanța față de echilibru, de unde fluctuațiile pot conduce către un nou comportament fundamental diferit de comportamentul stabil "normal", caracteristic sistemelor de echilibru sau sistemelor aproape-de-echilibru.

În aceste cazuri s-a făcut o analogie cu fenomenele de turbulență, de curgere a lichidelor prin conducție. Se ştie de mult că în momentul când se atinge o anumită viteză de curgere poate apare turbulența în fluid. Multă vreme turbulența a fost identificată cu dezordinea sau cu zgomotul. Astăzi se ştie totuşi că lucrurile nu stau astfel. În timp ce mişcarea turbulentă la scară macroscopică este neregulată sau haotică, la scara microscopică ea este dimpotrivă, foarte organizată. S-a tras concluzia că trecerea de la fluxul laminar la turbulență este un proces de autoorganizare. Sintetizând trecerea de la termodinamica clasică, a echilibrului, la termodinamica neliniară, modernă, a lui departe-de-echilibru, Ilya Prigogine scrie:

"În secolul al XIX-lea se lua în considerare doar starea finală a evoluției termodinamice. Aceasta constă în termodinamica de echilibru. Procesele ireversibile erau considerate ca fiind o anomalie, un subiect ce nu merită studiat. Această situație s-a schimbat în întregime în ziua de astăzi. Ştim cum că la departe-de-echilibru pot apărea spontan noi tipuri de structuri. La departe-de-echilibru putem avea transformări de la starea de dezordine, de la haos, la starea de ordine. Pot apărea stări dinamice noi ale materiei, ceea ce reflectă interacțiunea unui sistem dat cu mediul său. Am numit acest structuri noi structuri disipative pentru a accentua rolul proceselor disipative în formarea lor, în mod paradoxal în contrast cu imaginea peiorativă tradițională a acestor procese". În structurile disipative: ***"A apărut un nou tip de ordine. Putem vorbi de o nouă coerență, de un mecanism de «comunicare» între molecule. Dar acest tip de comunicare poate lua naştere doar la condiții departe-de-echilibru... acest tip de comunicare pare a fi o regulă în lumea biologiei. Ea poate sta la însăşi baza definiției unui sistem biologic"*** (Ilya Prigogine).

"La condiții departe-de-echilibru, conceptul de probabilitate care susține principiul de ordine al lui Boltzmann nu mai este valabil" (Ilya Prigogine).

Putem face acum următoarele precizări: ***Ce sunt structurile disipative ? Sunt structurile formate la departe-de-echilibru. Dar ce înseamnă departe-de-echilibru ? Înseamnă fenomene termodinamice analizate nu prin termodinamica liniară, ci prin termodinamica neliniară, la trecerea la o autoorganizare şi deci trecerea ca inoperantă a relației lui Boltzmann***. "***Al doilea principiu al termodinamicii, care constituie punctul nodal al acestei noi teorii, se află la intersecția unei întregi serii de conotații. El trimite, bineînțeles, la uitarea condițiilor inițiale, la săgeata timpului cu ruperea de simetrie pe care aceasta o implică şi, mai presus de toate, la noțiunea de spontaneitate. Fenomenele de creştere a entropiei marchează limitarea puterii noastre".*** (Ilya Prigogine).

În anii 1970, supunând diverse substanțe chimice unei diferențe de potențial energetic, pentru obținerea unui laser, prof. Hermann Haken, de la Universitatea din Stuttgart, a observat că pe măsura creşterii potențialului energetic se obține o creştere a dezordinii particulelor elementare din atomi excitați, iar după un anumit prag energetic se produce o autoorganizare a acestora, determinând ordinea dinamică a lor şi, în consecință, unda laser. Cooperarea reciprocă a particulelor elementare în câmpul de potențial energetic exterior a determinat ordinea dinamică şi deci formarea undei laser. Prin extrapolare, se poate trage concluzia existenței multor asemenea sisteme care alimentate energetic din exterior, trec la o nouă treaptă de organizare dinamică. De exemplu, sistemele metalice supuse operațiilor de tratament termic, prin care se stabileşte o anumită ordine dinamică a elementelor de structură, în concordanță cu anumite proprietăți impuse de cerințele funcționale ale acestora.

Sistemele capabile de autoorganizare temporală sau funcțională, sub influența energiei exterioare, au fost numite de prof. Hermann Haken[2] – sisteme sinergetice, iar știința care le studiază – sinergetică. Termenul sinergetică provine din sinteza a două cuvinte din limba greacă: *sin = împreună, a coopera* și *ergon = a acționa*, rezultând termenul *sinergetică = efect cooperativ*.

Sinergetica[3] este așadar ***știința care studiază cooperarea componenților individuali ai unui sistem sub acțiunea unui câmp energetic exterior și care, ca urmare, produc, la nivel macroscopic, noi structuri spațiale, temporale sau funcționale***. Cooperarea componenților sistemului, pentru producerea noilor structuri spațiale, poate fi temporală – menținându-se atât timp cât acționează câmpul energetic, de exemplu cazul undei laser sau poate fi menținută timp îndelungat – prin fixarea, în sistem, a unui procent, mai mare sau mai mic, din energia folosită la provocarea noii ordini structurale, de exemplu în cazul tratamentelor termice a aliajelor metalice, obținându-se cooperarea funcțională.

Conform principiului al treilea al termodinamicii, când temperatura tinde către zero absolut – entropia din cristalele perfecte tinde către zero, se obține, în acest caz, ***ordinea statică***. Ea este datorată reducerii mișcărilor dezordonate cauzate de agitația termică. Dar, așa cum rezultă de mai sus, pentru ***structuri disipative*** există mijloace pentru a produce și a menține stări de ordine în sistemele termodinamice, în zone de temperaturi ridicate. Aceasta este o ***ordine dinamică a structurilor disipative***. Condiția care trebuie satisfăcută pentru obținerea acestei ordini dinamice este de a respecta cele două principii fundamentale ale termodinamicii care ne învață că este imposibil să se creeze energie și deci imposibil să se creeze negentropie.

"Orice sistem capabil să producă și să mențină negentropie (ordine) sub o formă oarecare trebuie deci neapărat să primească energie din partea mediului înconjurător sub formă de «energie liberă» (se numește «energie liberă», o formă de energie legată de «negentropie», care nu este deci sub formă calorică. Energia mecanică, energia electrică, energia chimică – sunt forme de energie bogate în energie liberă) și trebuie să producă în același timp entropie, pentru a compensa formarea de negentropie, adică el trebuie neapărat să reverse în mediul exterior căldură, pentru ca bilanțul total de entropie să fie pozitiv. Aceasta este cauza pentru care astfel de sisteme care, consumând energie liberă (energie bogată în negentropie) produc ordine, dar în același timp căldură, au fost numite «structuri disipative» de către fizicianul Prigogine" (Alfred Kastler). Iar, în altă parte, același Alfred Kastler[4] scria: ***"Abordând studiul maserilor și al laserilor, am făcut observația că aceste instrumente constituie instrumente deosebite de structuri disipative"***. De aici rezultă clar că ***structurile disipative*** ale lui Ilya

---

[2] Haken Hermann, *Sinergetics*, Springer Verlag, Berlin, 1977

[3] Constantinescu Paul, *Sinergia, informația și geneza sistemelor. Fundamentele sinergeticii*, Ed. Tehnică, București, 1990

[4] Alfred Kastler, *Această stranie materie*, Ed. Politică, București, 1982

Prigogine sunt unul şi acelaşi lucru cu ***sistemele sinergetice*** ale lui Hermann Haken.

4.2. Biosistemele ca structuri disipative

În modul tradiţional al gândirii ştiinţifice s-a considerat că lumea fizică şi cea biologică ascultă de legi esenţial distincte de cele ce guvernează universul uman.

Astfel, încă în 1970 Jaques Lucien Monod[5] (1910-1976), Premiul Nobel pentru fiziologie şi medicină în 1965, scria: ***"...structura unei fiinţe vii rezultă dintr-un proces totalmente diferit prin aceea că el nu datorează nimic acţiunii unor forţe exterioare, însă datorează totul, de la forma generală şi până la cel mai mic amănunt, unor interacţiuni «morfogenetice», interioare obiectului însuşi. Este de o structură care demonstrează, deci, un determinism autonom, precis, riguros, implicând o «libertate» cvasitotală faţă de agenţi sau factori exteriori, capabile, desigur, să tulbure această dezvoltare, dar nu să o dirijeze, să-i impună obiectului viu organizarea lui. Prin caracterul autonom şi spontan al proceselor morfogenetice care construiesc structura macroscopică a fiinţelor vii, acestea se disting în mod absolut de artefacte (în sensul propriu: produse ale meşteşugului, ale industriei), ca şi, de altfel, de majoritatea obiectelor naturale, a căror morfologie macroscopică rezultă în mare măsură din acţiunea unor agenţi exteriori. Cu o excepţie: din nou cristalele, a căror geometrie caracteristică reflectă interacţiunile microscopice interne ale obiectului însuşi"***. Se observă că deşi, în aparenţă Jaques Monod face o distincţie clară între ***"fiinţele vii"*** şi mediul fizic, introducând expresia ***"majoritatea obiectelor naturale"*** şi apoi excepţia ***"din nou cristalele"*** nu este consecvent sau nu este complet convins de această distincţie dintre om şi natură.

În anul 1976, un alt Laureat al Premiului Nobel din 1966, dar pentru fizică, Alfred Kastler (1902-1984) scria: ***"...sunt convins că taina vieţii poate fi înţeleasă plecând de la legile fizicii, dar cu condiţia să gândeşti aceste legi în totalitatea lor şi să introduci şi în biologie conceptul de complementaritate"***.

Dar, rolul ştiinţelor fizice şi al fizicienilor în progresul ştiinţelor biologice datează de mai multă vreme, prin transfer de cunoştinţe din domeniul fizicii în domeniul biologiei.

Primele contribuţii de marcă în acest domeniu se datorează celebrului fizician austriac Erwin Scrödinger (1887-1961), laureat al Premiului Nobel pentru fizică în 1933 care, în februarie 1943, a ţinut un ciclu de conferinţe sub titlul generic ***Ce este viaţa ? Aspectul fizic al celulei vii***[6] la Trinity College din Dublin. Iată ce spunea el atunci:

"Un organism pare enigmatic tocmai prin evitarea decăderii rapide în starea inertă de «echilibru»; atât de enigmatic încât din cele mai vechi

---

[5] Jaques Monod, *Hazard şi necesitate*, Bucureşti, Ed. Humanitas, 1991

[6] Erwin Schrödinger, *Ce este viaţa ? şi Spirit şi materie*, Ed. Politică, Bucureşti, 1980

timpuri ale gândirii omeneşti s-a pretins, iar în unele cercuri se mai pretinde şi acum, că în organism acționează o forță non-fizică specială sau supranaturală (vis viva, entelehia).

Cum evită dezintegrarea organismul viu ? Răspunsul evident este: prin mâncare, băutură, respirație şi (în cazul plantelor) asimilare. Termenul tehnic este metabolism. Acest cuvânt grecesc înseamnă schimbare sau schimb. Schimb de ce ? Fără îndoială că inițial, ideea fundamentală este de schimb de materie... Este absurd ca schimbul de materie să fie esențial. Orice atom concret de azot, oxigen, sulf etc., este la fel de bun ca toți ceilalți atomi de azot, oxigen, sulf etc.; ce s-ar putea obține prin schimbarea lor ? În trecut, curiozitatea noastră a fost un timp redusă la tăcere, spunându-ni-se că ne hrănim cu energie... Este inutil să spun că, luat ad litteram, lucrul este absurd. Într-un organism adult conținutul de energie este la fel de staționar ca şi conținutul de materie...

Prin urmare, ce este acel pretins ceva din mâncarea noastră care ne păzeşte de moarte ? La aceasta se poate răspunde uşor. Orice proces, eveniment, întâmplare, numiți-o cum doriți; într-un cuvânt, tot ce se petrece în Natură înseamnă o creştere a entropiei acelei părți a lumii. Deci, un organism îşi măreşte permanent entropia sau, ați putea spune, produce entropie pozitivă şi astfel se apropie de periculoasa stare de entropie maximă, moartea. Poate să o țină la distanță, adică să fie viu, doar dacă extrage din mediul său înconjurător entropie negativă, care este ceva foarte pozitiv... Organismul se hrăneşte cu entropie negativă. Sau, ca să folosim un mod de exprimare mai puțin paradoxal, lucrul esențial este că organismul reuşeşte să se elibereze de entropia pe care nu poate să nu o producă atât timp cât trăieşte" şi mai departe: *"Cum am putea numi în termenii teoriei statistice minunata facultate a organismului prin care acesta îşi amână prăbuşirea în echilibrul termodinamic (moartea) ? Am spus mai înainte «se hrăneşte cu entropie negativă»; deci organismul atrage, ca să spunem aşa, un torent de entropie negativă asupra sa pentru a compensa creşterea entropiei pe care o produce prin viețuire şi pentru a se menține astfel la un nivel de entropie staționar şi suficient de redus.*

Dacă D este o măsură a dezordinii, inversul lui, 1/D, poate fi socotit o măsură directă a ordinii. Deoarece logaritmul lui 1/D, este minusul logaritmului lui D, ecuația lui Boltzmann o putem scrie astfel:

$$- (entropie) = K.ln(1/D)$$

Deci expresia stângace de «entropie negativă» poate fi înlocuită cu alta mai bună: entropia luată cu semn negativ care este o măsură a ordinii. Astfel, mecanismul prin care un organism se menține staționar la un nivel destul de ridicat de ordonare (= nivel destul de redus de entropie) constă de fapt, în «absorbția» continuă a ordinii din mediul său înconjurător".

Cercetări aprofundate în acest domeniu a făcut un alt laureat al Premiului Nobel, pentru chimie, în 1977, profesorul Ilya Prigogine, de la Universitatea liberă din Bruxelles, care prin teoria sa asupra structurilor disipative, a reuşit să argumenteze, într-un limbaj deopotrivă al chimiei şi al

matematicii, că biologicul şi socialul se asociază în mod organic şi că omul este o parte a naturii tot aşa cum natura este o parte a omului, opunându-se astfel determinismului biological al lui Jaques Monod.

Folosind o metodologie matematică adecvată, Ilya Prigogine demonstrează că principiul al doilea al termodinamici, valid pentru Univers în ansamblu, nu este respectat în unele locuri şi, la o depărtare suficientă de starea de echilibru, efectul fluctuațiilor întâmplătoare pot fi considerabil amplificate, generând forme ale unei noi complexități. Configurațiile care rezultă prin comportament au fost denumite structuri disipative întrucât ele interacționează cu mediul local, consumând energie liberă (entropie joasă) a acestuia şi eliminând înapoi în mediul înconjurător produsele reziduale ale utilizării, ca energie legată (entropie înaltă). În acest fel Ilya Prigogine avertizează că materia nu este inertă, ci vie şi activă, iar viața se schimbă mereu prin adaptarea la condițiile de non-echilibru.

Fluxul de energie (entropie) din cadrul unei structuri disipative poate determina perturbații sau fluctuații care, dacă iau amploare, pot conduce la schimbări importante. Cu cât este o structură mai complexă, cu atât mai mare este fluxul de energie (entropie joasă) necesar pentru supraviețuirea sa, iar perturbația internă care rezultă este şi ea corespunzătoare. Iată deci că complexitatea crescândă generează nevoia unui consum crescând de energie din mediul ambiant, ceea ce conduce la o fragilitate crescândă, dar tocmai această trăsătură a structurii disipative este la baza evoluției ei ulterioare spre o complexitate mai mare. Explicația se află în faptul că, dacă perturbația este suficient de mare, sistemul poate trece printr-o bruscă reorganizare, reuşind să se mențină numai cu prețul unei complexități mai mari. Cu alte cuvinte, unde nu e perturbare nu e schimbare.

După această incursiune în caracteristicile structurilor disipative devine logică întrebarea: cum se manifestă biosistemele ca structuri disipative ?

Desigur, răspunsul va fi cât mai concis, avându-se în vedere obiectul disciplinei noastre, în care rolul termodinamicii este de instrument ştiințific şi nu obiect de studiu. În formularea răspunsului vom avea în vedere un fapt bine cunoscut, palpabil pentru oricine că orice sistem biotic (biosistem) prezintă o dublă determinare; aceea a condiției sale terestre (în ecosistem) şi aceea a condiției sale cosmice (factori mai mult sau mai puțin îndepărtați, care îl ajută să devină o prezență cosmică, universală, capabilă să comunice cu diverse forme de energie şi să primească de la acesta informații încorporabile în metabolism şi în codul genetic).

Biosistemele posedă aptitudinea de a se concentra asupra unor stimuli, neglijând pe ceilalți, comportându-se ca sisteme termodinamice semideschise, triând, deci, în mod automat, reflex, haosul înconjurător şi alegând acele elemente regulate, ascunse în dezordinea predominantă. Selecționând informațiile, biosistemele le supun unui program special să-i asigure cele mai bune şanse de supraviețuire şi le ordonează astfel încât să devină, la rândul lor, o sursă de materie primă şi de informație pentru o altă creatură vie din ecosistem. Biosistemele acționează la fel ca un ordinator. Iată de ce nu trebuie să pară surprinzător că dezvoltarea recentă a sistemelor de ordinatoare a fost însoțită de un evident

progres în înțelegerea vieții. Ordinatoarele operează pe baza unei informații programate, furnizată conform unei teorii care defineşte informația ca o funcție a improbabilității. De asemenea, este justificat şi transferul metodologic din domeniul ştiințelor exacte, tehnice mai ales, în toate domeniile ştiinței umane care se face odată cu punerea la dispoziție a instrumentarului de investigație experimentală.

Formele şi mecanismele vieții pe Terra sunt legate, deci, direct sau indirect, de Cosmos. Acțiunea factorilor acestuia sub forma fluctuațiilor corpusculare sau a radiației ondulatorii exercită o influență nemijlocită asupra desfăşurării tuturor proceselor care au loc în sistemele vii pe Pământ. Dar, în toate aceste procese, biosistemele, pe de o parte absorb entropie joasă din mediu şi "disipează" entropie înaltă în acelaşi mediu, iar pe de altă parte selectează calitativ formele de entropie joasă pe care le utilizează pentru conservarea vieții, manifestându-se ca sisteme termodinamice semideschise (de exemplu, folosesc ciupercile comestibile nu pe cele otrăvitoare).

Pentru a face o comparație între un biosistem şi un sistem fizic, nu cu ordinea statică a cristalelor trebuie făcută comparația, ci cu ordinea dinamică a unui sistem fizic disipativ, ale cărui atribute le are pe toate. Biosistemul primeşte entropie joasă din mediul exterior, respirând şi alimentându-se, realizând şi menținând în interiorul său o "stare de ordine" şi dă mediului exterior căldură şi deşeuri, care măresc entripia mediului. Reciproc, funcționarea unui laser se poate caracteriza reluând textual termenii prin care Jaques Monod caracteriza o ființă vie şi care au fost menționați mai sus: fotonii stimulatori impun fotonilor a căror emisie o provoacă, direcția lor, polarizarea lor, coerența lor de fază, astfel încât fascicolul emis datorează totul unor interacțiuni "morfogenetice" interioare obiectului însuşi. Aportul exterior se mulțumeşte, ca şi la ființa vie, să pună la dispoziția sistemului energia liberă necesară pentru a asigura această geneză de ordine.

Pe baza teoriilor lui Ilya Prigogine, privind structurile disipative, se produce o unificare a viului şi neviului, a umanului cu non-umanul. Se conturează o nouă viziune a omului în Univers. Însăşi Ilya Prigogine[7] sublinia într-un interviu al său: "***Existența unei săgeți a timpului, comună şi omului şi sistemelor fizice, este, poate, faptul care exprimă în maniera cea mai frapantă unitatea universului; este fără îndoială elementul prin excelență unificator al viziunii moderne asupra naturii***".

4.3. Entropia în lumea biologică

Nicholas Georgescu-Roegen (1906-1994) scria: ***"...baza materială a vieții este un proces entropic... Ştim că oamenii pot trăi chiar dacă sunt lipsiți de vedere, ori de auz, ori de simțul mirosului sau al gustului. Dar nu ştim pe cineva care să poată trăi fără simțul curgerii entropiei, adică simțul care sub diverse forme reglează activitățile legate direct de menținerea organismului fizic. În cazul mamiferelor acest simț include nu numai***

[7] Ilya Prigogine, *Le monde*, 9 mai 1982

senzațiile de frig şi de cald, ci şi chinul foamei şi satisfacția dată de mâncare, senzația de oboseală ori de odihnă şi multe altele în acelaşi fel. În prezent nimeni nu mai neagă că economia proceselor biologice este guvernată de Legea Entropiei, nu de legile mecanicii". Iată de ce visul alchimiştilor chinezi nu era să se realizeze transmutarea metalelor în aur, ci să acționeze asupra timpului, să atingă nemurirea printr-o încetinire radicală a proceselor de descompunere naturală, de creştere a entropiei sistemelor biotice sau abiotice.

Dar de ce la aprecierea termodinamică a biosistemelor se foloseşte funcția entropie şi nu altă funcție termodinamică ? Iată ce scrie Erwin Scrödinger: ***"Considerațiile mele asupra entropiei negative au fost întâmpinate de colegii mei fizicieni cu îndoială şi opoziție. Permiteți-mi să vă spun că, dacă aş fi căutat ca ele să le placă doar lor, aş fi concentrat discuția mai degrabă asupra energiei libere. Ea este noțiunea cea mai familiară în acest context. Dar, fiind un termen foarte tehnic, mi s-a părut a fi din punct de vedere lingvistic prea apropiat de energie pentru a-l sensibiliza pe cititorul obişnuit la deosebirea dintre cele două noțiuni. Este posibil să considerăm termenul liberă ca fiind mai mult sau mai puțin un epitet ornat, fără multă importanță, cu toate că, de fapt, este un concept foarte complex, a cărui relație cu principiul ordine-dezordine al lui Boltzmann este mai greu de înfățişat decât pentru entropie şi «entropia cu semn negativ», care, printre altele, nu este invenția mea. Este exact lucrul la care trimite argumentarea personală a lui Boltzmann.***

F. Simon mi-a arătat însă că considerațiile mele termodinamice simple nu explică de ce trebuie să ne hrănim cu materia «într-o stare extrem de bine ordonată a compuşilor organici mai mult sau mai puțin complicați» şi nu cu cărbune sau diamante pisate. Are dreptate. Dar cititorului obişnuit trebuie să-i explici că o bucată de cărbune sau diamant ne ars, împreună cu cantitatea de oxigen necesară combustiei sale, se află şi ea într-o stare extrem de ordonată pentru fizician" dar nu suficient pentru a constitui hrană pentru un organism viu. Este necesar un «combustibil» cu putere energetică şi deci cu stare de ordine structurală mai complexă".

În acelaşi timp, conceptul de entropie permite şi o explicație mai simplă pentru faptul că omul preferă să mănânce oul în stare de omletă, cu o entropie mai ridicată, decât oul crud, cu entropie mai joasă. Viața este compatibilă numai cu o entropie moderată. Într-un mediu cu entropie foarte joasă, un organism viu nu ar putea rezista acțiunii distrugătoare a excesului de energie liberă. Pe de altă parte, într-un mediu cu entropie foarte înaltă, nu ar exista suficientă energie liberă pentru ca sortarea să se realizeze într-un timp scurt, specific menținerii vieții organismului. De aceea, există anumite a coordonatelor geologice de existență a vieții pe Terra. De exemplu, sub raportul temperaturii, limitele biosferei se întinde între 180^0C (spori de microbi) şi – 253^0C (spori de mucegai), deci pe o întindere de 433^0C. La vegetația verde, aceasta se reduce la $150 \div 160^0$C. Au fost determinate şi alte limite de existență a vieții pe Terra.

Rezultă că funcția termodinamică – ***entropia*** – prezintă avantajul unei generalități mai mari a noțiunii spunând numai ***mai jo***asă sau ***mai ridicată*** şi o dublă interpretare: clasică şi probabilistă (stare de ordine-dezordine) şi o apreciere mai intuitivă a schimbului cu mediul pentru ființele vii ca sisteme termodinamice deschise.

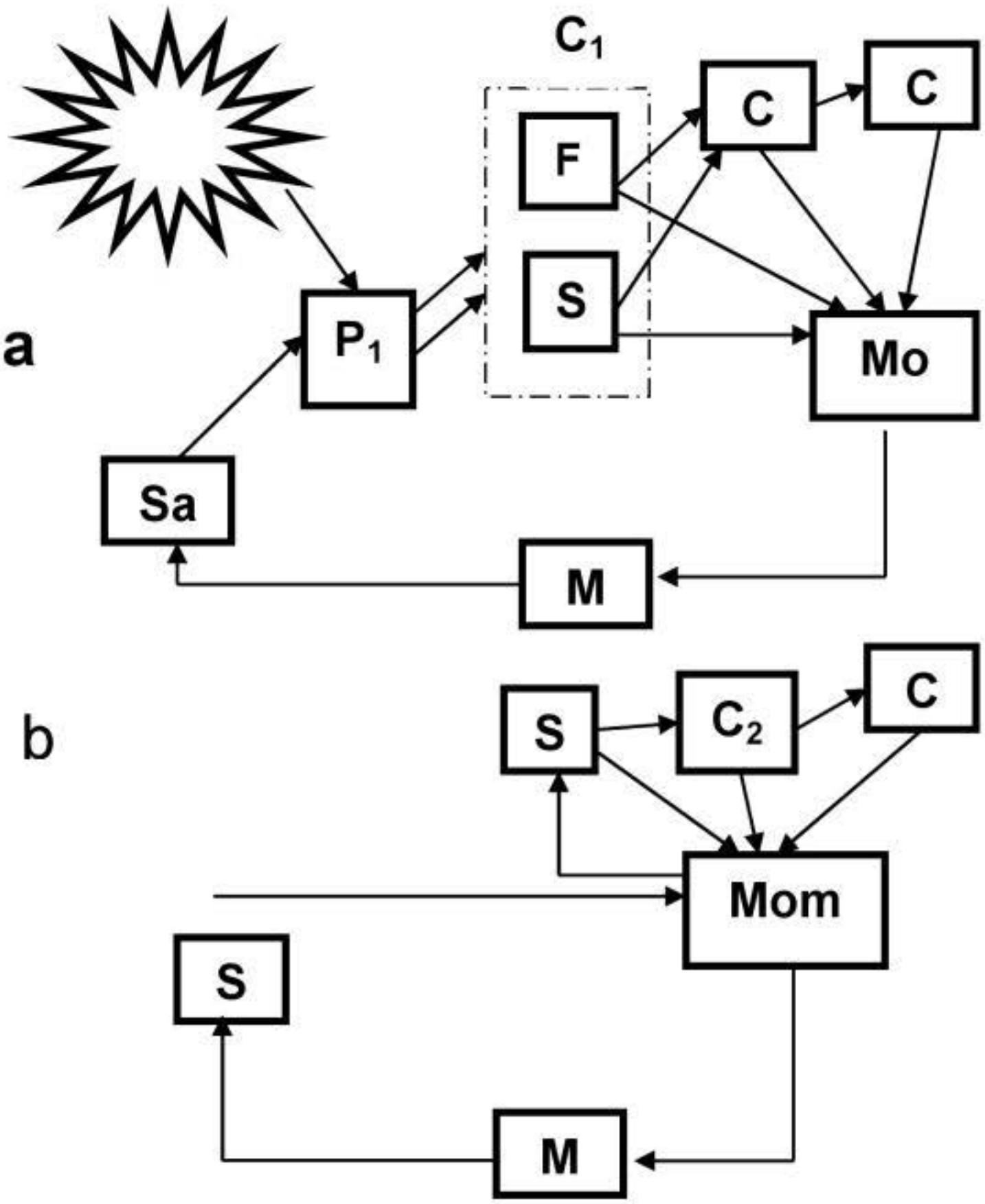


Fig.4.2. Rețeaua trofică (**a)** de tip autotrof şi (b) de tip heterotrof; Sa – substanțe anorganice; Mom – materie organică moartă; P_1 – producătorii primari; C_1 – consumatori primari; F – fitofagele; S – saprofagele; C_2 – consumatori secundari; C_V – consumatori de vârf; MC – microconsumatorii (descompunătorii)

Material cu drept de autor

Menținând şi noi această noțiune putem scrie că ***lumea vie se supune şi ea legii entropiei, dar într-un mod particular de sistemele fizice în general***. Aşa cum observa Bertrand Russell, *fiecare vietate este un fel de «imperialist» care caută să transforme în folosul său cât mai mult din mediul înconjurător*. Prin aceasta, mereu o parte, mai mare sau mai mică, din energie devine inutilizabilă. O vietate, fie ea cât de simplă, îşi creează şi menține o anumită ordine, cu prețul creşterii dezordinii în mediul în care se află. O plantă supraviețuieşte prin fotosinteză, absorbind entropie negativă din razele soarelui; dar numai o parte din această energie solară este folosită, restul risipindu-se.

Aşa cum rezultă din însuşi titlul cărții, ***Hazard şi necesitate***, Jaques Monod considera existența vieții pe Terra ca un accident, dar Ilya Prigogine, prin ***teoria structurilor disipative***, ca o legitate, ca o trecere de la o stare de ordine prin dezordine la o ordine superioară. În conformitate cu punctul de vedere al lui Jaques Monod, André Lwoff scria în 1969: ***"Existența organismelor, chiar a celor mai simple, protozoarele, ciupercile, bacteriile, este legată de suite improbabile de evenimente improbabile. Să adăugăm că probabilitatea apariției omului... este şi mai mică. Apariția vieții pe planeta noastră este rezultatul unui şir de evenimente foarte improbabile. O astfel de înlănțuire are foarte puține şanse să se producă sau să se reproducă a doua oară"***.

În opoziție cu raționamentul lui André Lwoff , că marea improbabilitate a întâmplărilor a dat naştere vieții, adepții teoriilor structurilor disipative exprimă o concluzie diametral opusă concluziilor sale: ***"Dacă apariția vieții este atât de improbabilă încât şansa ca ea să se manifeste în altă parte în Univers este nulă, şansa este tot atât de nulă ca ea să se fi produs pe planeta noastră. Altfel spus, nu există nici o nădejde să se explice apariția vieții şi evoluția sa doar prin singurul joc al forțelor hazardului"*** (Alfred Kastler).

Dar, ca rezultat al concluziilor teoriei sistemelor disipative este şi acela că odată cu creşterea nivelului de ordine al biosistemului, trecerea de la nivelele inferioare la nivelele superioare de organizare a materiei vii, acesta are nevoie, pentru alimentare, de substanțe cu ordine (structură) din ce în ce mai ridicată, cu entropie joasă cât mai concentrată, pe seama, dese ori, a biosistemelor de organizare mai inferioară. Apar diferite lanțuri trofice pentru transferul de materie şi energie. Cele mai simple lanțuri trofice sunt formate numai din două verigi (producător → consumator). Există şi lanțuri trofice cu numeroase verigi; astfel, "***în perna de muşchi de pe solul pădurii se formează un lanț trofic lung, întemeiat pe rotifere algofage ca «industrie cheie»: alge → rotifere → tardigrade → nematode → larve de diptere → chițcan (Sorex)***"[8].

Lanțurile trofice reprezintă, în primul rând, legături ce unesc subsisteme elementare ale biocenozei, respectiv câte o specie pentru un

---

[8] Bogdan Stugren, *Ecologie teoretică*, Casa de Editură "Sarmis", Cluj-Napoca, 1994, p.192

nivel. În al doilea rând, ele sunt limitate, punând în legătură numai anumite subsisteme ale biocenozei după un anumit specific de hrănire a l organismelor componente. Astfel, direct sau indirect, pe seama plantelor se hrănesc două categorii de organisme: consumatorii şi descompunătorii. Grupul consumatorilor se recunoaşte în natură prin două modalităţi de regim trofic: prădătorism şi parazitism. În acest fel se pot cita trei tipuri de lanţuri trofice: ale prădătorilor, al paraziţilor şi al descompunătorilor. Ţinând seama de notaţiile din figura 4.2, aceste lanţuri se prezintă după cum urmează[9]:

- lanţul trofic al prădătorilor: $P_1 \rightarrow C_1 \rightarrow C_2 \rightarrow C_V$;
- lanţul trofic al paraziţilor: $G \rightarrow Q_1 \rightarrow Q_2$, în care G = organism gazdă (P_1, C_1, C_2 sau C_V), Q_1 – parazit şi Q_2 – hiperparazit (parazit pe parazit);
- lanţul trofic al descompunătorilor: MC_1, MC_2 ... MC_n în care 1, 2,... n sunt nivelurile trofice ţinând seama de faptul că descompunerea majorităţii substanţelor organice se realizează etapizat, iar descompunătorii sunt specializaţi de obicei pentru un număr limitat de secvenţe biochimice.

Lupta pentru existenţă a unui organism depinde de capacitatea sa de a-şi procura entropie joasă din mediul înconjurător. Selecţia naturală favorizează acele organisme care sunt în stare să-şi mărească masa totală a biosistemului, rata de circulaţie a masei pe parcursul existenţei biosistemului şi fluxul total de entropie în biosistem. S-a crezut, multă vreme, că selecţia naturală favorizează acele organisme care minimizează fluxul entropic în cadrul biosistemului. Acum se recunoaşte că maximizarea fluxului de entropie este răspunsul pe care îl dă într-o primă fază a sa, când există un exces de entropie joasă. Pe măsură însă ce diferite specii ajung să populeze până la limită un spaţiu ecologic dat, ele sunt obligate ca printr-un flux de entropie cât mai redus, dar cât mai eficient, să se adapteze la un mediu care-şi oferă ultimele sale resurse. Se disting deci două faze: prima, de flux maxim (numită de ***colonizare***) , a doua, de flux energetic minim (numită ***climactică***). În ansamblu, nu se poate spune că omul a realizat trecerea de la prima fază la a doua fază. Cu deosebire în societăţile industriale avansate, oamenii continuă fluxul entropic în sistemele umane şi sociale din prima fază, de colonizare. Faptul că în SUA se consumă o cantitate dublă de produse agro-alimentare faţă de cea normală, evidenţiază risipa acestora. Aici se află de altfel una din sursele actualei crize pe o trăieşte omenirea. A nu reuşi în această tranziţie spre a doua fază, de minimizare a fluxului entropic, dar de creştere a eficienţei acestui flux, ar fi echivalent cu un act de sinucidere a speciei umane. Istoria planetei noastre este bogată în exemple de specii care au dispărut datorită unui atare eşec. De asemenea, ruinele multor foste centre de civilizaţie au fost descoperite în actualele zone de pustiu.

---

[9] Victor Tufescu şi Mircea Tufescu, *Ecologia şi activitatea umană*, Ed. Albatros, 1981

Acesta este sensul în care se poate vorbi de progres în evoluția biologică şi socială, în lumina teoriei sistemelor disipative. Fiecare specie care iese victorioasă pe seama unor specii inferioare ei se remarcă prin faptul că este mai bine echipată a transforma o cantitate mai mare de entropie joasă în entropie înaltă. Aşa se explică, de exemplu, că lupul mănâncă oaia şi nu invers; oaia se hrăneşte cu substanțe cu o entropie mai înaltă (structură mai redusă) decât lupul. Pare însă mai greu de acceptat că speciile superioare produc un flux entropic mai mare şi, în acelaşi timp, o dezordine mai mare în mediul înconjurător. Aici însă trebuie avut în vedere şi fluxul entropic produs de verigile intermediare, care creează hrana speciilor superioare. Legea entropiei atrage atenția că evoluția implică o micşorare a energiei disponibile pentru viață pe planeta noastră, în timp ce ideea comună despre evoluție creează, dimpotrivă, impresia că ea se face în sensul micşorării dezordinii. A trebuit să vină criza ecologică pentru a ne obliga să regândim această situație şi pentru a ne atrage atenția că, în conformitate cu legea entropiei, evoluția marchează crearea unor insule tot mai mari de ordine, dar aceasta într-un ocean tot mai mare de dezordine.

La analiza entropică a biosistemelor trebuie avut în vedere că acestea sunt compuse din configurații moleculare complexe, a căror formare şi menținere, la nivele de energie mult îndepărtate de echilibru, necesită efectuarea unui lucru continuu asupra sistemului, la fel cum menținerea apei calde într-un boiler necesită efectuarea unui lucru continuu asupra sistemului. Asigurarea acestui lucru continuu necesită aport de energie şi/sau masă în sistem, întrucât fără acest aport sistemul s-ar întoarce la o stare de echilibru, însoțită de descompunerea moleculelor complexe în molecule simple, la fel cum apa fierbinte din boiler revine la temperatura camerei după ce gazul a fost întrerupt.

În plantele vii, aportul de energie în sistem este asigurat, în principal, de radiația solară. De fapt, frunzele asigură, pentru cele mai multe plante, o suprafață specifică mare pe unitatea de volum, permițându-le să "capteze" energia solară necesară pentru a se menține departe de echilibru. Energia solară este convertită în lucrul mecanic necesar ($\mathbf{d_eS < 0}$) pentru a menține planta în configurația ei complexă, cu energie ridicată, printr-un proces complicat numit fotosinteză. Există şi un aport de masă în plante, cum este apa şi dioxidul de carbon, asigurând materiile prime necesare, dar nu şi energia. Prin colectarea şi înmagazinarea energiei utile, plantele servesc întreaga lume biologică.

Pentru animale, aportul de energie în sistem este asigurat prin digerarea biomasei cu energie liberă ridicată (entropie joasă), fie vegetală, fie animală. Degradarea biomasei bogată în energie şi oxidările unei părți a ei (de exemplu, hidrații de carbon), asigură o continuă sursă de energie, cât şi de materii prime. Dacă plantele ar fi private de lumina soarelui sau dacă animalele ar fi private de hrană, disiparea energiei în cadrul sistemului ar duce în mod sigur

la moarte (entropie maximă). Menținerea unei stări complexe, bogate în energie (cu entropie corespunzătoare menținerii structurii complexe), care este asociată cu viața, nu este posibilă în absența unei surse continue de energie. Luată singură, o sursă de energie însă nu este suficientă pentru a explica originea şi menținerea sistemelor vii. Factorul crucial suplimentar este un mijloc de convertire a acestei energii în lucrul util necesar pentru construirea şi menținerea sistemelor vii complexe din biomonomeri simpli care constituie cărămizile lor moleculare.

Un automobil cu un motor cu ardere internă, cu transmisie şi cu sistemul de pilotare, furnizează mecanismul necesar pentru convertirea energiei din benzină într-un mijloc comod de transport. Fără un asemenea "convertizor de energie" însă, obținerea lucrului util din benzină ar fi imposibilă. Într-un mod similar, hrana ar fi prea puțin de folos pentru om dacă nu ar avea organe interne care să prelucreze aceste "surse" energetice exterioare. Ca şi în cazul automobilului, o parte din aceste surse energetice sunt încorporate în funcționalitatea organismului, iar o altă parte degradată prin destructurare sub formă de reziduuri poluante (***detritus*** = fărâmituri). Prin urmare, putem conchide că, dată fiind disponibilitatea energiei şi a unui mecanism de convertire adecvat, menținerea unui sistem viu departe de echilibru nu prezintă nici o problemă din punct de vedere termodinamic.

În formalismul matematic, aceste concepte pot fi rezumate după cum urmează:

1. Cel de al doilea principiu al termodinamicii cere doar ca schimbarea de entropie datorată proceselor ireversibile din cadrul sistemului să fie mai mare decât zero, adică:

$$\mathbf{d_i S > 0}$$

2. Menținerea unui sistem viu necesită ca aportul de energie în sistem să fie suficient de mare pentru ca rata de producere a entropiei să fie negativă, adică rata lucrului util să fie mai mare decât rata disipării ce rezultă din procesele ireversibile care se petrec în cadrul biosistemelor, adică:

$$\mathbf{|d_e S| > d_i S}$$

3. Generarea entropiei negative trebuie să fie cuplată, în sistem, în aşa fel încât lucrul rezultat să fie îndreptat spre restaurarea sistemului de pe urma dezintegrării care are loc în mod natural şi care este descrisă de principiul al doilea al termodinamicii, adică:

$$\mathbf{- d_e S = d_i S}$$

unde $\mathbf{d_i S}$ şi $\mathbf{d_e S}$ se referă nu numai la mărimea schimbării de entropie, ci şi la schimbările specifice care au loc în sistem şi care sunt asociate cu această schimbare de entropie. Cuplarea trebuie să producă nu doar orice fel de ordine, ci numai ordinea specifică cerută de sistem[10].

---

[10] Morowitz H. J., *Energy Flow in Biology (Aportul de energie în biologie)*, Academic Press, New York, 1968

În biosisteme, cuplarea aportului de energie cu "lucrul" de organizare are loc prin motorul metabolic construit din AND, enzime etc. Referindu-se la acest aspect Nicolis şi Prigogine rezumă problema în felul următor: ***"Ar trebui stabilit nu numai faptul că a doua lege a termodinamicii ($d_iS \geq 0$) este compatibilă cu o scădere temporară a entropiei ($dS < 0$), ci şi să se arate mecanismele răspunzătoare pentru apariţia şi menţinerea stărilor ordonate"***[11]. Dar, schimbul de energie şi materie cu mediul înconjurător nu asigură atât starea de ordine a biosistemelor, cât complexitatea acestora. ***"Organismele vii se disting prin complexitatea lor specifică. Cristalele de felul granitului nu pot fi calificate drept vii, deoarece le lipseşte complexitatea; amestecurile întâmplătoare de polimeri nu pot fi calificate drept vii, deoarece le lipseşte specificitatea"***[12]. Este important de reţinut aceste trăsături caracteristice ale biosistemelor întrucât acestea precizează de ce hrana acestora trebuie să îndeplinească pe lângă condiţia de entropie joasă şi acelea de complexitate şi specificitate. Tocmai aceste condiţii determină pe de o parte criza alimentaţiei, iar pe de altă parte randamentul scăzut de asimilare a alimentelor (între 10 şi 20%).

4.4. Principiul antagonismului şi eterogenitatea biologică

În cea de a doua parte a secolului al XX-lea, filozofia mondială este dominată de mari personalităţi formate la şcoala românească de filozofie, fii ai acestui popor: Lucian Blaga (1895-1961), Constantin Noica (1909-1987), Mircea Eliade (1907-1986), Ştefan Lupaşcu (1900-1988), George Uscătescu (1919-1995), Emil Cioran (1911-1995), Ioan Petru Culianu (1950-1991) etc., au făcut ca şcoala românească de filozofie din secolul al XX-lea să fie comparată cu şcoala germană din secolul al XIX-lea.

Desigur, opera acestor mari personalităţi ale poporului nostru, precum şi a altora, ne interesează, din punctul de vedere al disciplinei noastre, la analiza problemelor ridicate de protecţia mediului social, însă, dat fiind referirile deosebit de concrete la unele aspecte guvernate direct de principiul al doilea al termodinamicii, în opera lui Ştefan Lupaşcu, vom face referiri la unele lucrări ale acestuia.

Marea operă a lui Ştefan Lupaşcu este esenţial legată de studiul proceselor entropice şi prezentând câteva idei ale acestei mari personalităţi, în contextul problemelor de conţinut ale disciplinei noastre, ni se pare oportună. În

---

[11] Nicolis G., Prigogine I., *Self Organization in Nonequilibrium Systems (Autoorganizarea în sisteme aflate în non-echilibru)*, John Wiley, New York, 1973

[12] Orgel L. E., *The Origins of Life (Originea vieţii)*, John Wiley, Nerw York, 1973

primul rând menționăm constatarea lui Constantin Noica[13] asupra unor opere a lui Ştefan Lupaşcu: ***"Totul pleacă de la tema contradicției care nu este o temă între altele ale culturii europene, ci miezul gândirii noastre, fie că o recunoaştem sau nu"***.

Pentru Ştefan Lupaşcu, problema fundamentală a Universului şi, deci, a ştiinței, este aceea a organizării. Distincției dintre materia fizică şi materia vie i s-a substituit aceea dintre sistem fizic şi sistem viu (biosistem) pentru ca în felul acesta să se sublinieze că este vorba de aceleaşi elemente, dar într-o organizare diferită. Aceste elemente, în acelaşi timp corpuscule şi câmpuri energetice, poartă în ele antagonismul undei şi particulei, al continuului şi discontinuului.

Referindu-se la ***"materia vie"***, Ştefan Lupaşcu scria: ***"...analiza fizico-chimică contemporană arată că această materie nu este compusă decât din elemente împrumutate în întregime din arsenalul constituenților atomici ai universului fizic însuşi; nu există atom – în componența arhitecturii unei ființe vii – sau agent catalitic – în cantitate uneori minimă, dar de o înaltă valoare funcțională – care să nu figureze în Tabelul periodic al elementelor***.

De aceea, este mare tentația de a restitui biologia fizicii şi chimiei (este un mod superior de gândire a lui Ştefan Lupaşcu şi nu o simplă coincidență cu aceleaşi idei exprimate de Alfred Kastler) – ***pe care numai o simplă diferență de complexitate le-ar putea distinge – şi de a susține, împreună cu Claude Bernard, că fiziologia nu este decât o fizico-chimie vegetală şi animală şi că nu există decât o mecanică, o fizică, o chimie şi, adăugăm noi, o logică"***[14]. Se observă aici, pe de o parte opoziția cu ideile susținute de Jaques Monod şi, pe de altă parte, anticiparea celor demonstrate de Ilya Prigogine.

Pentru Ştefan Lupaşcu, sursa interacțiunilor sistemice pe care le observăm în natură nu poate fi decât conflictul dintre energii antagoniste.

"Tot ceea ce se manifestă fizic pentru noi, orice fenomen, orice modificare a unei anumite stări de lucruri, implică existența unei energii care nu este şi nu poate fi riguros statică – altfel nu s-ar produce niciodată nimic în univers; un anumit dinamism este deci prezent întotdeauna ca motor al oricărui eveniment; dar un dinamism dacă nu este riguros static – ceea ce ar echivala cu inexistența lui, cel puțin față de mijloacele noastre de informație – implică la rându-i trecerea de la o anumită stare potențială la actualizare; dacă un dinamism oarecare poate rămâne în stare potențială, cu stare antecedentă celei de actualizare, este că ceva îl menține aşa; or, acest ceva nu poate fi el însuşi decât un dinamism în stare de actualizare antagonistă, întrucât trebuie la rândul lui să se poată potențializa pentru a permite

---

[13] Constantin Noica, *Simple introduceri la bunătatea timpului nostru*, Ed. Humanitas, Bucureşti, 1992.

[14] Ştefan Lupaşcu, *Logica dinamică a contradictorului*, Ed. Politică, Bucureşti, 1982

actualizarea celuilalt... dar existența antagonismului presupune existența necesară a sistemului... Orice sistem se dovedeşte un sistem de sisteme: până şi cel mai familiar obiect este un foarte complex sistem de sisteme moleculare, un sistem molecular este compus din sisteme atomice, fiecare din acestea conțin sisteme nucleare ai căror nucleoni nu pot fi socotiți drept ultimii decât față de datele actuale ale cercetării; forțele antagoniste pe care le dezvăluie nu pot fi considerate nici ele drept ultimele"[15].

Se observă că aici intră în discuție una dintre distincțiile de bază operate de Ştefan Lupaşcu: aceea dintre actualizare şi potențializare. O forță nu se poate exersa decât contra unei alte forțe, care-i rezistă, una câştigând ceea ce cealălaltă pierde. Pentru Ştefan Lupaşcu aceasta înseamnă că una dintre forțe se actualizează, în timp ce cealălaltă forță se potențializează. Caracterul sistemic al realității provine din faptul că nu este posibilă o actualizare totală sau o potențializare totală a unei forțe, oricare ar fi aceasta (energie mecanică, cinetică, chimică, electrică, luminoasă sau termică; forță gravitațională, electrostatică sau nucleară).

Legat de conflictul dintre energiile antagoniste, Ştefan Lupaşcu introduce un al doilea concept fundamental şi anume acela al conflictului dintre ***tendințele de omogenizare*** şi ***eterogenizare***. Aici ***devine evidentă legătura dintre teoriile lui Ştefan Lupaşcu cu conceptul despre entropie***, în timp ce tendința de omogenizare este o tendință a macrofizicului, înscrisă în cel de al doilea principiu al termodinamicii, tendința de eterogenizare este apanajul sistemelor vii şi corespunde descreşterilor locale de entropie pe care acestea le provoacă.

Astfel, Ştefan Lupaşcu scrie: ***"Ființa vie, în mecanismele cele mai intime, luptă pentru eterogen şi moare în omogen... Procesele morții sunt procese de omogenizare. Dar când sunt urmărite mai îndeaproape operațiile chimice ale metabolismului oricărei ființe vii, se asistă la o complexă activitate de transformare a energiei absorbite în energie extrem de subtil diferențiată, întrucât se poate afirma că nu metabolismul serveşte ființei vii, ci aceasta serveşte metabolismul în calitate de maşină destinată să efectueze transformări energetice eterogenizante (din acest punct de vedere, nu mâncăm pentru a trăi, ci trăim ca să mâncăm). Un exemplu concludent în acest sens îl constituie fotosinteza clorofiliană, cu importanța sa capitală în lumea vie, inutil de subliniat; printr-un mecanism destul de misterios în multe din detaliile sale, dar care este clar în această privință; ea, fotosinteza, transformă direct energia luminoasă, căreia i s-au putut număra chiar fotonii de reacție – în energie chimică, adică, până la urmă, în energie electrochimică, deci, având resurse şi forță eterogenizante"***.

Într-un biosistem totul este în funcție de antagonism – chimic. Fiziologic, neurologic, hormonal – dar acest antagonism nu generează un echilibru simetric, adică un echilibru a cărui dinamism să compenseze şi să

---

[15] Ştefan Lupaşcu, idem

tindă către un sistem de forțe egale; antagonismul biologic cedează şi trebuie să cedeze întotdeauna pasul eterogenului în dauna omogenului, variațiilor în dauna invariațiilor, noului în dauna monotonului etc., este un antagonism disimetric sesizat sub forma unui dezechilibru apreciat ca una din caracteristicile şi chiar condițiile fundamentale ale vieții.

În viziunea lui Ştefan Lupaşcu, sistemul biologic este inversul sistemului macroscopic, deşi este alcătuit din aceleaşi evenimente energetice, aflate, prin însăşi acest fapt, într-un antagonism fundamental, iar sistemul microfizic ca un fel de coexistență inhibatoare a celor două, situat la sursa lor sau, mai exact, la încrucişarea a două căi opuse de degradare a energiei, pe care le reprezintă.

Toate proprietățile caracteristice materiei vii depind de diversitatea intra-celulară, de forțele care leagă micromoleculele, ele însele uimitor de eterogene, de rolul particular şi original pe care îl joacă aici combinațiile lor mai mult sau mai puțin stabile, ca şi diversele sisteme pe care le formează. Examinând mai îndeaproape extraordinara activitate biofizică şi biochimică a celulei, aceasta efectuează o neîncetată muncă de generare şi menținere a eterogenității, a acestui sistem diferențiat de membrane şi de mecanisme care comandă sistemul însuşi – îndeosebi aceste dezechilibre fundamentale existente în sistem.

Celula luptă pentru această eterogenitate structurală şi funcțională. Dar contra cui luptă ea ? Tocmai contra omogenității şi omogenizării, care o presează şi o asaltează din toate părțile, chiar din interior şi care sfârşesc prin a triumfa; procesul morții se prezintă într-adevăr ca o omogenizare a celulei. E de ajuns ca omogenizarea, "echilibrul" sau maximum de entropie, să se instaleze pentru a surveni moartea.

Este neîndoios faptul că în această luptă dintre omogen şi eterogen există un consum şi o cheltuială de energie, o degradare a ei în bilanțul final de câştiguri şi de pierderi. Dar aceasta nu înseamnă că energia absorbită în timpul existenței unui individ, a unei specii, a unui grup al biosferei, nu inversează curentul şi nu se opune omogenizării, termodinamicii generale, aşa cum au arătat numeroşi biologi şi fizicieni. Această opoziție evidențiază exact caracterul antagonist al proceselor de eterogenizare.

Omogenitatea predomină în stările macrofizice, fie că este vorba de stările dezordonate ale fluidelor sau de stările riguros determinate ale cristalelor şi sistemelor astronomice. Dacă în lumea fizică există o dominare relativă, de natură statistică, a eterogenului de către omogen, în lumea vie are loc o dominare inversă, a omogenului de către eterogen. Apare însă o asimetrie, în universul nostru este mai uşor să cobori panta omogenizării decât să urci aceea a eterogenizării. Tocmai de aceea viul este depăşit considerabil de către mineral. Contrariul viului nu este deci, pentru Ştefan Lupaşcu, moartea, ci fizicul, mineralul, omogenul.

Într-un sistem macrofizic, entropia actualizează omogenitatea, fapt care a dus în secolul trecut la ideea morții Universului. Aceasta ar însemna însă o actualizare viguroasă a omogenității, ceea ce nu este posibil, deoarece însăşi al doilea principiu al termodinamicii începe printr-o stare potențială şi se actualizează treptat, odată cu transformările sistemului.

Datorită tendinței de omogenizare, structurile macrofizicului n-au putut depăşi nivelul molecular, dincolo de care are loc numai o polimerizare prin cristalizare sau o aglomerare prin gravitație. În contrast cu sistemele fizice, de o structură simplă, chiar atunci când sunt de dimensiuni uriaşe, structurile vii sunt complexe, chiar la nivel microbian.

Organizarea eterogenizantă include procese de complexificare, diferențiere şi individualizare; ea se produce concomitent la diferite nivele de dezvoltare a viului. Fiecare sistem viu este un sistem ale cărui elemente sunt la rândul lor sisteme; el constituie cea ce se numeşte un ***holon***, un fel de unitate colectivă, o totalitate pentru elementele situate la nivele inferioare, dar o parte a unui ***holon*** mai complex situat la nivelul imediat următor. Dar, un ***holon*** de la un anumit nivel nu conține ***holoni*** inferiori, ci este pur şi simplu ansamblul acestora. O moleculă nu conține atomi, ci este aceşti atomi, ordonați într-un anumit fel. Corpul nostru nu conține celule, ci este aceste celule, organizate într-un sistem.

Fiecare nivel de organizare a materiei vii aduce nu un material nou, ci o structură nouă. Dintre tipurile de ***holoni***, trei se detaşează ca forme de rezistență a viului: ***celula***, ***organismul*** şi ***societatea***. Orice tip de ***holon*** nu se poate menține decât în interiorul unuia dintre aceştia trei. Dar, dacă celula şi organismul sunt riguros definite, societatea poate fi interpretată la diferite niveluri. Mario Bunge menționa şase nivele de organizare (prezentate anterior la p.29). Miller J. G. menționează şapte nivele de organizare a viului, a tipurilor de ***holoni***: ***celula*** (apărută ca o insulă de eterogenizare, de entropie descrescândă şi de relativă stabilitate într-o mare de omogenizare, de entropie crescândă şi de instabilitate); ***organul*** (la nivelul căruia apare capacitatea unei mase organizate de celule de a înlocui celulele constituente care mor); ***organismul*** prilejuind învățarea asociativă, intercondiționarea organelor şi limbajul simbolic); ***grupul*** (făcând posibilă activitatea cooperativă şi dezvoltarea strategiilor în obținerea hranei şi informației); ***organizația*** (cu un nou statut al persoanei şi cu dezvoltarea relațiilor interpersonale); ***societatea*** (promovând sisteme elaborate de înrudire, noi tipuri de guvernare şi dezvoltare a ştiinței, artei şi tehnologiei); ***sistemul supranațional*** (permițând dezvoltarea organismelor internaționale şi de rezolvare a conflictelor dintre națiuni). Desigur, în literatura de specialitate se prezintă şi alte tipuri de ierarhizări ale nivelelor de organizare ale materiei vii[16].

Este posibil ca primul nivel de organizare - ***celula*** – să fi apărut cu circa trei miliarde de ani în urmă, iar ultimul nivel de organizare menționat – ***sistemul supranațional*** – a apărut cu circa 25 de secole în urmă şi anume, Imperiul Sumerian din Mesopotamia de sud.

Forța care adună laolaltă elementele structurale, mai ales la nivelele superioare de organizare a viului, este încă un mister, la fel ca aceea care reuneşte celulele separate într-un întreg funcțional.

Se cunoaşte însă că tot ceea ce este viu creează un câmp vital şi este înconjurat de el. Este vorba de un fenomen electric care există la nivel fizic

---

[16] Tudor Opriş, *Mică enciclopedie pentru tineret. Naşterea evoluția şi expansiunea cosmică a vieții*, Cartea 1, Editura "Forum", Bucureşti, 1994, p.22-25

normal al organismului şi poate fi măsurat cu aparatura standard de laborator. El dispare în momentul morții clinice.

De asemenea, fiecare organism este însoțit de o contraparte de bioplasmă care există la un nivel mai puțin fizic, luând aproximativ forma organismului şi este implicată oarecum în controlul şi organizarea funcțiunilor vitale. Nu se măsoară cu uşurință, dar existența ei rezultă din practica acopuncturii şi poate fi pusă în evidență prin tehnici speciale, cu dispozitive de înaltă frecvență.

Antagonismul lupascian dintre funcțiile eterogenizante şi cele omogenizante se regăseşte la toate nivelele de organizare ale materiei vii, menționate mai sus. El se manifestă între fenomenele de oxidare şi cele de reducție; între fotosinteza creatoare de forme şi oxidarea distructivă; între catabolismul care demontează moleculele vii şi furnizează energie şi anabolismul care le reface datorită energiei furnizate de catabolism; între sistemul nervos simpatic şi cel parasimpatic; între hormonii hipofizari şi hormonii periferici; între hormonii de sexe diferite; între unicitatea codului genetic şi diversitatea formelor; între omogenitatea celulei şi eterogenitatea macromoleculelor; între omogenitatea individului şi eterogenitatea celulelor; între omogenitatea speciei şi eterogenitatea indivizilor.

Deşi macrofizicul a precedat viul, acesta din urmă nu provine din cel dintâi. Viul nu este o simplă modificare organizatorică a fizicului, atrage atenția Ştefan Lupaşcu. Atât fizicul, cât şi viul, se îndepărtează de cuantic. Materia – energie fizică şi materia – energie vie – sunt potențial conținute într-o a treia materie, materia cuantică – aceasta fiind țesătura întregului univers. În această materie, omogenul şi eterogenul se înfruntă într-un echilibru simetric, fiecare fiind, în acelaşi timp semi-actualizat şi semi-potențializat. Antagonismul şi densitatea de energie sunt aici maxime. Este vorba de aşa zisa stare T a lui Ştefan Lupaşcu, cea mai organizatoare, o stare de contradicție absolută.

La nivel cuantic, cu agitația aleatoare a atomilor, aflăm premizele omogenității materiei fizice şi ale principiului lui Carnot. Adăugând şi principiul excluziunii al lui Pauli şi se obține premizele eterogenizării viului.

Suportând asaltul fizicului, viul a învățat să-l utilizeze în interesul său. Păsările stăpânesc gravitația şi aerodinamica, se orientează după astre şi percep magnetismul pământesc. Peştii stăpânesc hidrodinamica. Cultura şi civilizația sunt o prelungire a evoluției naturale, iar inteligența omenească regăseşte uneori cu dificultate ceea ce inteligența chimică a integrat viul. Viul actualizează eterogenul şi potențializează omogenul. Ceea ce se actualizează se opune lumii şi devine subiect inconştient, ceea ce se potențializează ia forma obiectului, a conştiinței şi a cunoaşterii. Nu eşti conştient de un lucru, observa Ştefan Lupaşcu, ci eşti acest lucru potențializat.

Acest mod nou de a înțelege fenomenele pretindea şi o nouă logică pe măsură. Logica elaborată de Ştefan Lupaşcu[17] nu este numai a gândirii, ci şi a însăşi structurilor şi sistemelor studiate. Unitatea este, pentru Ştefan Lupaşcu, totdeauna asocierea a două laturi care se echilibrează, dar în acelaşi timp se află într-o tensiune dramatică, opunându-se una alteia. Unitatea nu este alternativ, ci concomitent **A** şi non **A**, sfidând astfel principiul tradițional al noncontradicției. Un eveniment cuantic este undă şi corpuscul în acelaşi timp. Există totdeauna o tensiune între continuu şi discret, între omogen şi eterogen, între actualizare şi potențializare, între identic şi diferit, între convergență şi divergență, dar o tensiune între tendințe care au nevoie una de alta.

4.5. Relații în lumea vie

În lumea vie, organismele stabilesc între ele multiple şi complexe relații, legate de asigurarea hranei, apărare, reproducere. Aceste relații îmbracă o multitudine de aspecte în funcție de indivizii sau populațiile care interacționează şi de dinamica factorilor ecologici, biotici şi abiotici, în care se desfăşoară.

Relațiile biotice se constituie între organisme şi populații aparținând aceleiaşi specii (intraspecifice sau intrapopulaționale) sau a unor specii diferite (interspecifice sau interpopulaționale).

Relațiile interspecifice se divid convențional în următoarele tipuri: ***topice, fabrice, forice, trofice***. Relațiile ***topice*** definesc influențele reciproce dintre populații prin modificarea biotopului în sens favorabil sau nefavorabil (de exemplu elaborarea de antibiotice în mediu). Relațiile ***fabrice*** definesc folosirea de către unele specii a materialelor de construcție constituite din indivizi sau resturi ale altor specii (de exemplu utilizarea unor materiale vegetale pentru construirea unor cuiburi sau adăposturi). Relațiile ***forice*** definesc acele interacțiuni în care indivizii unei specii realizează răspândirea altor specii (de exemplu, propagarea de semințe şi spori de ciuperci de către păsări, insecte şi alte animale; deplasarea unor organisme mici, ca insecte, de către unele viețuitoare mai mari – erbivore). Relațiile ***trofice*** se referă la asigurarea hranei.

La aprecierea relațiilor ***trofice***, trebuie avut în vedere că, în general, valabil pentru speciile din faună, ***viața se hrăneşte cu viață*** şi de aici rezultă un proces ciclic, în care atomii ce alcătuiesc o anumită entitate de materie vie ajung să treacă de la o formă de viață la alta şi iar la alta, la nesfârşit. Plantele verzi produc viață din sol, apă şi energie solară. Îşi extrag substanțele brute direct din materia nevie, dar, după o vreme, planta este mâncată de o omidă, pe care o ciuguleşte o vrabie ce trece pe acolo, care cade pradă unui uliu ce moare degerat, cadavrul său fiind devorat

---

[17] Ştefan Lupaşcu, *Experiența microfizică şi gândirea umană (Despre necesitatea şi directivele unei noi logici şi despre matematicile pe care le impune. Schița unui nou discurs asupra metodei)*, Ed. Ştiințifică, Bucureşti, 1992

descompunătorii materiei organice provenită din materie vie etc. Odată prinşi în reţeaua materiei vii, atomii devin prizonierii unui soi de forţă organică, o forţă care-i face să parcurgă nenumărate cicluri de viaţă, ce pot dura sute de ani. Este aproape ca şi cum, prin simplul ei contact cu materia nevie, viaţa ar fi capabilă să îi confere acesteia un fel de însuşire mistică, iar odată încorporată într-o celulă vie, materia e transformată într-un mod care îi creşte probabilitatea de a fi încorporată şi a doua oară. De fapt, această transformare se poate chiar măsura. Unii biologi numesc acest proces "*vârtejul atomic al vieţii*" şi atrag atenţia că foarte puţine din alimentele pe care le consumăm nu erau integrate, cu puţin timp în urmă, în alt organism viu, iar dezvoltarea şi creşterea plantelor este favorizată de prezenţa unor substanţe iniţial vii, chiar dacă ulterior au fost ingerate (precum cenuşa de lemn). E limpede că transformarea pe care o induce viaţa în materie nu este numai de natură chimică. Dar iată o întâmplare reală relatată de revista "Magazin" nr. 29 (1813) din 18 iulie 1992, p.14: *"Sfârşit de zi călduroasă de vară. Un pui de piţigoi aflat la primele zboruri ale vieţii, găseşte ca sursă de hrană pe malul lacului Valea Teiului (Judeţul Vaslui), insectele venite pentru apă. Preocupat de vânarea lor, piţigoiul nu a remarcat saltul arcuit al unui pui de dihor aflat şi el la primele incursiuni de vânătoare. Un ciripit scurt şi câteva mişcări de picioare marca sfârşitul unei tragedii.*

Puiul de dihor absorbit de devorarea pradei nu a sesizat la timp picajul survenit ca o umbră a unui uliu ale cărei gheare s-au înfipt puternic în trupul plin de viaţă. Un ţipăt strident de durere. Victima cu agresorul în spate se aruncă în apa lacului. Câteva învolburări ale apei exprimă încercările disperate ale uliului de a se debarasa de prada ce-l trage la fundul lacului. Convulsiile corporale ale dihorului, înaintea încetării vieţii, împiedică redresarea uliului pentru decolare şi ambele vietăţi înfrăţite prin moarte se lansează în adâncul apei".

În cadrul biocenozei relaţiile ***trofice*** sunt deosebit de complexe, organismele constituind, aşa cum s-a mai specificat anterior, diverse nivele ***trofice***: ***producătorii*** (în general plantele verzi), ***consumatorii*** (animalele), ***descompunătorii*** (în general bacterii şi ciuperci). Indivizii dintr-o populaţie pot forma hrana pentru indivizii uneia sau mai multor populaţii (specii), consumând, la rândul lor, organisme din diverse populaţii.

Cu excepţia plantelor şi a unor bacterii autotrofe, care produc sinteza de substanţe organice din substanţe anorganice, toate celelalte organisme îşi asigură hrana pe seama altor vieţuitoare, vii sau moarte. Deci, în natură, hrana circulă de la un grup de organisme la altul. Populaţiile diferitelor specii constituie verigi trofice. În natură, lanţurile trofice se întrepătrund alcătuind relaţiile trofice de complexităţi diferite.

Se consideră că în natură, într-o biocenoză, structura trofică ia înfăţişarea unei piramide la baza căreia se găsesc producătorii. Pe nivelele următoare se află diferite categorii de consumatori, a căror pondere numerică descreşte spre vârf.

În cadrul biocenozei relaţiile trofice sunt de o mare complexitate şi varietate. Ele au fost totuşi grupate în câteva tipuri: ***protocooperare; comensualism; simbioză; competiţie; parazitism; prădătorism***.

Protocooperarea este o relație interspecifică bilateral pozitivă (+,+), în care ambele specii sunt avantajate. De exemplu, albinele care culeg polen din flori şi polenizarea acestora.

Comensualismul definit ca interrelațiile dintre două organisme în care unul se hrăneşte cu resturile de hrană a celuilalt sau îl foloseşte ca adăpost.

Simbioza care este o asociere durabilă între organisme din specii diferite bazate pe relații reciproc favorabile, ambele populații având un avantaj din această conviețuire.

Competiția (concurența) este o relație antagonistă între două organisme sau între două populații a căror esență depinde de aceleaşi organisme sau între două populații a căror existență depinde de aceleaşi resurse ale mediului şi care sunt insuficiente pentru satisfacerea necesităților ambelor organisme sau populații.

Parazitismul prin care se înțelege existența unui organism dependent trofic, în mod necesar şi direct, de altă ființă vie, numită gazdă, de la care îşi procură substanțele necesare întreținerii propriei sale ființe. Totodată, gazda reprezintă pentru parazit locul său de trai, biotopul său, care-i oferă şi protecție împotriva tuturor factorilor ecologici, abiotici şi biotici, neprielnici vieții.

Prădătorismul care este un tip de relație antagonistă între indivizii a două specii ce se află la nivele trofice diferite. El constă în prinderea de către un organism (numit prădător, răpitor etc.) a unui alt organism (numit pradă, victimă etc.) şi consumarea lui. Prădătorismul este o relație trofică ce stă la baza constituirii lanțurilor trofice între diferitele viețuitoare din natură.

Adesea, localizarea diverselor specii pe unul din nivelele trofice este dificil de făcut, deoarece prin regimul lor de hrană au funcții trofice diferite, făcând parte din mai multe nivele trofice. Astfel, plantele, prin funcția pe care o îndeplinesc, reprezintă primul nivel trofic, totuşi, chiar şi printre ele există specii ce fac parte din două nivele trofice, a producătorilor primari şi a consumatorilor, aşa cum sunt plantele carnivore.

Biocenoza împreună cu biotopul respectiv formează o unitate ecologică fundamentală – ***ecosistemul*** – în cadrul căruia primează interacțiunile trofice, care se desfăşoară pe principii de autoreglare numerică a populațiilor componente, pe baza relațiilor trofice intraspecifice şi interspecifice. ***Ecosistemul se comportă deci ca un sistem cibernetic capabil să se autoregleze. Unul dintre argumentele fundamentale în acest sens îl reprezintă constanța relativă a nivelului numeric al populațiilor biocenozei, atâta vreme cât nu se modifică faza de climax a ecosistemului***.

Studiul modificărilor sau dinamicii numerice a unuia sau mai multe populații este realizat prin ştiința numită demografie (de la cuvintele greceşti: *demos* = *popor* şi *graphe* = *descriere*). ***Demografia umană*** este definită în dicționarul de specialitate al Națiunilor Unite ca fiind: ***"ştiința având drept obiect studiul populațiilor umane şi tratând***

mărimea, structura şi evoluția caracteristicilor lor generale abordate mai ales din punct de vedere cantitativ".

4.6. Motivația utilizării principiilor termodinamicii la analiza ecosistemelor

În baza celor prezentate anterior, se poate spune că cea mai simplă şi totodată cea mai clară cale de a face deosebirea dintre viu şi neviu este aceea că materia vie are capacitatea de a se reproduce, adică îşi poate fabrica "*copii*". Această deosebire este operantă la nivelul global al materiei vii, acolo unde începe viața şi unde operează procesele care controlează şi în prezent reproducerea unei plante, a unui organism animal sau a unui microorganism.

Se consideră că lumea vie, în ansamblul ei, se caracterizează prin:

1. Apariție spontană, abilitate de a se dezvolta dintr-un sistem neviu. Dar viața este spontană şi universală.

2. Stare de ordine. Cuvintele ordine, organizare, organism nu sunt legate doar semnatic, ci au şi o legătură în sensul legilor fizicii. Starea de dezordine duce ființa vie la dezintegrare şi moarte.

3. Schimb de flux entropic cu mediul înconjurător. Starea de ordine se transformă spontan în dezordine. Pentru menținerea stării de ordine se "*injectează*" organismului flux de entropie joasă din mediul exterior, iar organismul elimină un flux şi mai mare de entropie înaltă în acelaşi mediu exterior.

4. Schimbul de flux entropic cu mediul exterior se face în concordanță cu necesitățile menținerii stării de ordine a organismului. De obicei se cunoaşte destul de bine inscripția exterioară de la oracolul din Delfi: ***Cunoaşte-te pe tine însuți***, dar puțini ştiu că deasupra uşii interioare era inscripția ***Nimic prea mult*** sau ***Totul cu măsură***. Deci şi acest schimb de flux entropic trebuie făcut "*cu măsură*".

5. Adaptarea continuă la schimbarea mediului. Aceasta se face pe baza principiului selecției naturale.

6. În cadrul unui ***ecosistem***, relațiile intraspecifice şi interspecifice dintre organisme, îl fac să se comporte ca un ***sistem cibernetic, capabil să se autoregleze***. Unul dintre argumentele fundamentale în acest sens îl reprezintă constanța relativă a nivelului numeric al populațiilor biocenozei, atâta vreme cât nu se modifică faza de climax a ecosistemului.

S-au menționat deci şase proprietăți esențiale (fundamentale) pe care le prezintă un organism viu.

Din punctul de vedere al disciplinei noastre, ne interesează, mai ales, proprietatea care se referă la schimbul entropic cu mediul înconjurător. Aceasta deoarece materia vie este astfel organizată încât absoarbe entropie joasă din mediul exterior spre a-şi menține structura ordonată. Materia nevie pur şi simplu se dezorganizează.

Dacă procesul se desfăşoară în condiții naturale, luate în considerare de ecologia teoretică, schimbul de masă şi energie a materiei vii cu mediul înconjurător asigură, într-adevăr, comportarea ecosistemului ca un sistem

cibernetic capabil de autoreglare[18]. Există diverse modele matematice privind autoreglarea numerică a ecosistemelor. Dar nu acelaşi lucru se întâmplă în cazul intervenției unui factor perturbator în acest proces. Factorul perturbator poate fi o catastrofă ecologică naturală, un cutremur devastator, un incendiu de mari proporții, un cutremur, erupții vulcanice etc. care au o acțiunea de scurtă durată însă cu efecte mari asupra continuității vieții pe Pământ.

Dar, ca factor perturbator, cu acțiune îndelungată şi imprevizibilă, este şi acțiunea omului.

Cum a devenit omul factor perturbator în ce priveşte autoreglarea numerică a speciilor biotice din ecosisteme ? Pentru a răspunde la această întrebare este necesar să facem unele incursiuni istorice în dezvoltarea speciei umane.

După cum arată profesorul Solomon Marcus[19], în anul 1986 a avut loc la Veneția (Italia) un colocviu organizat de UNESCO în domeniul antropologiei. La acest colocviu a prezentat o intervenție un mare antropolog mexican, ***Santiago Genovés***.

În această intervenție, Santiago Genovés schițează istoria planetei noastre, modul în care au apărut peştii, amfibiile, reptilele, păsările, mamiferele, primatele, oamenii. De la primate la om trecerea a fost realizată prin unealtă – omul fiind creator de unelte. Omul a ajuns la verticalitate prin interacțiunea creierului, mâinilor şi uneltelor. Întreaga evoluție a speciei umane în ultimii cinci milioane de ani s-a bazat pe cules şi vânătoare, strângerea de rădăcini şi frunze, folosind ca hrană orice lucru comestibil întâlnit în cale.

Şansele de supraviețuire şi evoluție a primilor ***hominizi***, măsurând 80 cm înălțime şi cântărind circa 40 kg, consta exclusiv în intensa cooperare dintre ei.

A urmat apoi ceea ce Santiago Genovés numeşte ***marea revoluție a omenirii*** – revoluția agricolă, înfăptuită cu şapte mii de ani în urmă. Prin aceasta s-a petrecut un lucru foarte important. Pentru prima dată, omul nu mai trăia după o zi pe alta, ci putea să agonisească. Putea să-şi facă rezerve de hrană, găsind astfel răgazul de a se gândi la viața lui, la ceea ce el este şi la ceea ce el vrea să fie. Aşa a apărut cultura, "*zborul uman*", cum o numeşte Santiago Genovés. De la tehnologie omul îşi ia zborul spre ştiință şi umanism. Pentru prima oară, în urmă cu 7 000 de ani, în funcție de factorii geografici, de succesiune, de tenacitate în muncă, de inteligență, personalitate, structură demografică, izolare sau neizolare, fertilitate naturală a solului etc., oamenii se repartizează în două mari categorii: cei care dispun de rezerve alimentare şi cei care nu dispun, trebuind să trăiască de pe o zi pe alta, ca strămoşii lor.

Unde s-a ajuns cu evoluția speciei umane ? Pentru a răspunde vom apela la altă mare personalitate a ştiinței contemporane – Werner Heisenberg[20] (1901-1982). Într-un discurs ținut în fața studenților din

---

[18] Victor Tufescu şi Mircea Tufescu, *Ecologia şi activitatea umană*, Ed. Albatros, 1981
[19] Solomon Marcus, *Controverse în ştiință şi inginerie*, Bucureşti, Ed. Tehnică, 1990
[20] Werner Heisenberg, *Paşi peste granițe*, Bucureşti, Ed. Politică, 1977

Götingen, la 13 iulie 1946, spunea: ***"...în domeniul biologiei s-a pătruns atât de adânc în procesele eredității, în structura şi chimia macromoleculelor proteice încât producerea artificială a celor mai periculoase boli molipsitoare sau influențarea evoluției biologice a oamenilor în sensul unei anumite disciplinări dorite aparțin domeniului posibilului. În fine, şi influențarea spirituală a oamenilor ar putea, dacă este exercitată după modalități ştiințifice, să conducă la modificări sufleteşti pline de consecințe în cadrul unor mari mase de oameni"***.

De asemenea, într-o conferință ținută, tot de Werner Heisenberg, la 17.11.1953, în cadrul Academiei bavareze, spunea: ***"...pentru prima oară în decursul istoriei omul se raportează numai la sine pe acest Pământ, că el nu mai are nici partener, nici adversar... Înainte omul era amenințat de animalele sălbatice, de boli, de foame, de frig şi de alte forțe ale naturii, iar în această luptă orice îmbunătățire a tehnicii însemna o întărire a poziției lui, adică un progres. În epoca noastră, când Pământul a devenit din ce în ce mai populat, restrângerea posibilităților de viață, deci şi pericolele, provin în primul rând de la ceilalți oameni, care-şi revendică şi ei dreptul la bunurile Pământului.***

În epocile anterioare, omul se afla față în față cu natura. Astăzi... peste tot întâlnim structuri create de om, ne întâlnim, într-o măsură anumită, mereu cu noi înşine, fie că folosim instrumente în viața de toate zilele, fie că folosim o hrană pentru prepararea căreia s-au folosit maşinile, fie că traversăm regiunile naturii transformate de om".

Dacă luăm în considerare realizările ştiințifice şi tehnice ulterioare rostirii discursurilor respective de către Werner Heisenberg, avem tabloul aproape complet al argumentelor pentru a răspunde de ce omul este un factor perturbator al autoreglării ecosistemelor.

Dar de ce termodinamica ? Întrucât s-a demonstrat anterior că biosistemele pot fi considerate sisteme termodinamice.

În continuare, de ce principiul al doilea al termodinamicii ? Pentru că viața determină o transformare intensă a energiei libere în energie legată şi o destructurare a materiei, cu respectarea legii conservării materiei şi energiei, deci, numai degradarea acestora.

Într-o lucrare recentă, academicianul N. N. Constantinescu[21] face anumite observații la lucrarea lui Nicholas Georgescu-Roegen, menționată anterior, scriind: ***"Meritul constă în faptul că el atrage atenția asupra temeiurilor economiei în legile naturii. Slăbiciunea constă în faptul că dacă legea entropiei este relevantă pentru înțelegerea deteriorării naturale a mediului, aceasta nu este singura lege a naturii care trebuie avută în vedere. Economia este supusă atât celei de a doua lege a termodinamicii – legea deteriorării resurselor naturale, cât şi primei legi a termodinamicii – legea conservării materiei. Şi, am spune nu numai***

---

[21] N. N. Constantinescu, *Contribuții ale românilor la crearea economiei ecologice ca ştiință*, În: "Ecologie şi protecția mediului", Universitatea "Ovidius" Constanța, 1994, p.65

atât: dacă este adevărat că în natură acționează legea doua a termodinamicii, nu trebuie să uităm că în natură procesele de deteriorare sunt însoțite – şi aceasta este o adevărată lege – şi de un proces de reorganizare a ei. Tocmai luarea în considerare a tuturor acestor legi permite omului o acțiune coerentă asupra materiei".

Trebuie să menționăm că utilizarea legii a doua a termodinamici nu face abstracție de prima lege a termodinamicii. Legea conservării materiei şi energia îşi păstrează valabilitatea. Dar, sub acțiunea omului materia se destructurează şi energia se transformă din energie liberă în energie legată. În procesul de destructurare nu înseamnă că materia a dispărut, ci numai că a fost adusă la o stare neutilizabilă din punct de vedere tehnic sau/şi economic. Extragerea minereurilor se face numai din zone cu o anumită concentrație a elementelor pe care trebuie să le obținem – aceasta are în vedere legea doua a termodinamicii. Tot legea doua a termodinamicii ne justifică folosirea şi refolosirea deşeurilor.

De asemenea, este adevărat că acționează şi procese de restructurare sau reorganizare a materiei. Tocmai acest fapt este menționat de teoria proceselor disipative şi sinergetică. Însă, aşa cum se observă din definirea şi dezvoltarea legilor care guvernează aceste noi domenii ştiințifice, reorganizarea sau restructurarea materiei, care înseamnă reducerea locală a entropiei, are loc pe seama unui flux şi mai mare de entropie înaltă difuzat de procesul ca atare în mediul înconjurător.

Principiile termodinamicii sunt utilizate la analiza mediului înconjurător ca instrumente de lucru, întrucât conduc la constatări foarte sugestive şi corecte.

Au existat încercări ca la analiza mediului înconjurător să se utilizeze un alt transfer de metode şi instrumente din tehnică şi anume din teoria fiabilității sistemelor fizice[22].

Calitativ, fiabilitatea reprezintă aptitudinea unui produs de a-şi îndeplini funcția specificată, în condiții date, de-a lungul unei perioade impuse prealabil.

Cantitativ, fiabilitatea reprezintă caracteristica unui produs exprimată prin probabilitatea îndeplinirii funcției impuse pe o durată dată, în condiții de funcționare specifice.

Fiabilitatea este legată direct de noțiunea de calitate a unui produs. Dintr-un anumit punct de vedere, calitatea poate fi considerată ca o "*însuşire statică*" de satisfacere a unor condiții într-un moment dat, în timp ce fiabilitatea este o "*calitate în timp*" sau o *"însuşire dinamică"*. Sub acest aspect, fiabilitatea reprezintă o nouă dimensiune a calității, o componentă în timp a calității.

Însă, la determinarea fiabilității unui sistem se au în vedere fiabilitățile, menținerea calității dinamice, a tuturor elementelor componente din sistem. De exemplu, pentru evaluarea fiabilității unui automobil este necesar să determinăm

---

[22] Coman Gheorghe, *Analiza valorii*, Iaşi, Casa de editură Venus, 2001.

prealabil fiabilitățile tuturor elementelor componente ale acestuia şi menținerea ei constantă un timp bine precizat.

În cazul mediului înconjurător, dacă luăm în considerare numai cei cinci factori de influență menționați de colectivul condus de D. Meadows[23]: ***populația, producția agricolă, resursele naturale, producția industrială, poluarea***, înseamnă că aceştia trebuie restricționați constanți timpul prestabilit, adică infinit. Se poate observa simplu că astfel se ajunge tocmai la concluzia colectivului respectiv – *creşterea zero*. De aici constatarea că este inadecvată utilizarea conceptului de fiabilitate la analiza mediului înconjurător.

Desigur, vor fi şi alte argumente, însoțite de exemple adecvate, aduse, pe parcursul capitolelor care urmează a fi dezvoltate în cuprinsul prezentului manual.

---

[23] D. Meadows ş.a. *The Limits to Grows* (Limitele creşterii), Univers Books, New York, 1972

CAP.5. ORDINE, DIVERSITATE ŞI COMPLEXITATE ÎN ECOSISTEME

"Două calamități amenință lumea: ordinea şi dezordinea".

Paul Valéry

5.1. Calitatea vieții

Această categorie sociologică, folosită în economia politică, în politica socială, în ştiința conducerii sociale etc., a fost menționată prima dată în anii '60 de către Arthur Schlesinger şi Kenneth Galbraith.

Politologul francez Bertrand de Jouvenel a definit calitatea vieții ca fiind: ***totalitatea posibilităților oferite individului de către societate pentru a-şi amenaja condițiile de viață, de a dispune de produsele ei şi de a-i folosi serviciile pentru a-şi organiza existența individuală după trebuințele, cerințele, interesele şi dorințele sale proprii***.

Cu alte cuvinte, ***calitatea vieții reprezintă totalitatea fluxului de ordine sau entropie joasă extrasă din mediul înconjurător pentru satisfacerea cerințelor materiale şi spirituale ale colectivității umane, în concordanță cu necesitățile, trebuințele, interesele şi dorințele proprii***.

Conținutul calității vieții se determină cu ajutorul unui sistem de indicatori sociali. Aceştia pot fi grupați pe anumite categorii care reflectă, evident şi convingător, caracterizarea unor anumite satisfacții economice sau sociale: ***calitatea vieții materiale*** – habitat, venituri, buget, aprovizionare, gradul de valorificare a resurselor, de păstrare a bunurilor obşteşti etc; ***calitatea vieții biologice*** – sănătate, asigurarea împotriva violenței, asistență sanitară, calitatea mediului înconjurător etc.; ***calitatea vieții cultural-spirituale*** – accesul la educație, gradul de folosire, gradul de folosire, circulație şi creştere a cunoştințelor, nivelul ambianței culturale etc.; ***calitatea vieții individuale şi psiho-sociale*** – gradul de valorificare socială a aptitudinilor şi capacităților individuale; ***calitatea vieții familiale*** – gradul de participare la viața obştească, moralitate etc.

Calitatea vieții este expresia sintetică a felului în care se reflectă în viața de toate zilele a membrilor unei societăți umane date, rezultatele progresului economico-sociala general. Conceptul sau categoria socială de calitate a vieții se referă exclusiv la societatea umană, ori tocmai această categorie socială, cu referire exclusivă la colectivitatea umană şi urmărită de aceasta pentru creşterea continuă a ei, produce conflictul dintre specia umană şi mediul înconjurător şi justifică conceptul de ecologie globală sau economie a mediului.

Definind calitatea vieții drept un sistem ponderat de indicatori sociali (obiectivi şi subiectivi) cuantificabili, se pot construi modele matematice

adecvate determinării corecte a valorii calității vieții într-o societate dată. Calitatea vieții se mai confundă cu noțiunea de nivel de trai, cuprins, de altfel, în categoria sau conceptul – calitatea vieții. În prezent cuantificarea cea mai corectă se face cu ajutorul indicelui dezvoltării umane (i_{dH}) adoptat de organismele ONU la începutul anilor '90, ca fiind cel mai corespunzător aprecierii calității vieții unei colectivități umane.

Creşterea calității vieții este scopul oricărei colectivități umane. Dar aceasta se obține pe baza unui progres material continuu care va asigura progresul economico-social general.

5.2. Progres şi degradare ecologică

Progresul reprezintă o modificare ascendentă, un proces de înnoire continuă, succesiune de schimbări calitative şi cantitative de la inferior la superior.

Dar şi evoluția reprezintă o schimbare, însă, spre deosebire de progres, evoluția se raportează la coordonate ale naturii, iar progresul la coordonate umane; evoluția vizează întreaga existență cosmică, sub toate formele ei de manifestare materială, organică sau anorganică, pe când progresul nu depăşeşte limitele societății omeneşti; evoluția este un proces mecanic, cumulativ, constând în schimbări produse de forțele fizice ale naturii, fără un scop prestabilit, iar progresul este produs de intervenția analitică a spiritului uman, având, în final, un scop, tocmai perfecționarea acestuia. Progresul are deci ca scop tendința de a aduce omenirea, în fiecare din momentele dezvoltării necontenite, la *"un mai bine"* relativ, făcând pe oameni mai mulțumiți cu viața lor sau, cum se mai spune, de obicei, "*mai fericiți*".

După cum se observă, din cele de mai sus, există două concepte pentru definirea schimbării: evoluție şi progres.

Evoluția acționează conform principiului că în natură totul tinde spre forme mai superioare, adică principiul „promovării", un instinct şi o pornire spre o existență tot mai superioară. Pentru Herbert Spencer (1820-1903) evoluția constituie, alături de disoluție, formula care cuprinde tot ce e comun fenomenelor parțiale ale procesului universal. ***Orice existență devine perceptibilă, pentru noi, prin concentrarea elementelor materiale într-un tot unitar şi prin pierderea mişcării lor independente. Acest fenomen este evoluția. Aceeaşi existență devine apoi imperceptibilă, pentru noi, prin faptul că elementele îşi reiau mişcarea independentă printr-o dezintegrare a materiei şi o absorbție a mişcării. Acest fenomen este disoluția***.

După Herbert Spencer, evoluția are trei caracteristici esențiale: **1**. evoluția este trecerea de la o stare mai incoherentă, la una mai coherentă; flora şi fauna cresc prin concentrarea de elemente din mediul ambiant, familiile prin integrare devin triburi, acestea devin apoi națiuni; **2**. evoluția este o trecere de la o stare omogenă la una eterogenă: orice germene, orice sămânță este la început o substanță omogenă. Prin transformări şi diferențieri, apare mai târziu planta sau animalul, înzestrate cu o mulțime de

organe. Astfel, omenirea, la început omogenă, se diferențiază în rase, rasele în națiuni; **3**. evoluția este o trecere de la nedeterminat la determinat. Prin trecerea de la omogen la eterogen se diferențiază elementele componente; în locul haosului este ordine: organele plantelor sau animalelor sunt bine determinate, bine ordonate.

Evoluția oriunde se produce înseamnă succesiune, continuitate şi noutate în seria de fenomene care o constituie, încât poate fi definită: ***producerea de stări sau forme de existență, unele din altele, aşa încât se capătă o serie, înăuntrul căreia se pot urmări ca forme speciale momentele, fazele sau treptele unui proces unitar***.

Dar, omul a constatat că „poate" grăbi această evoluția care, altfel, se produce independent de el, fapt ce nu-i convine. În structura omului s-a creat convingerea că el poate să prescrie legi naturii fizice şi morale, încât trebuie neaparat să-şi formeze credința că poate interveni în evoluția anumitor fenomene, spre a le determina cursul în sensul idealului său. Aceasta „***Este credința în «progres», fiica mult desmerdată a filozofiei din Europa, unde, în urma marilor descoperiri ştiințifice, gânditorii cred că se poate influența evoluția naturală prin voința omului***"[1].

Dar, credința în progres nu o are orice om şi cu atât mai mult n-a avut-o totdeauna genul uman. Ea există numai acolo unde omul şi-a format conştiința că el este o ființă spirituală autonomă de mecanismul orb al naturii, şi că, din această poziție, el aşteaptă viitorul să vie în formă idealizată, adică ***„în forma creată de mintea sa, pe baza anticipațiilor conştiinței***"[2]. Datorită acestor anticipații, omul îşi reprezintă „devenirea" aşa cum o doreşte să fie, deci mai bună şi mai frumoasă. De aceea, o aşteaptă cu simpatie determinată de ideal. ***„Idealul este reprezentarea, în rolul de expresie emoțională, este simbolul întrupat într-o intuiție lăuntrică. În reprezentare, omul vede lucrurile cum au fost; în intuiția idealului, el le vede aşa cum trebuie să fie, pentru a avea anticipațiile conştiinței împăcate. Reprezentarea se sprijină pe memorie; idealul pe funcția constructivă a conştiinței întregi, pe imaginația creatoare***"[3].

Dar omul nu se mulțumeşte să-şi privească viitorul cu simpatia idealului, ci pune în joc şi voința pentru realizarea devenirii idealizate. De abia atunci ***evoluția*** devine ***progres***, aşa încât ***progresul în societatea umană este o forță umană, nu o forță a naturii, nu o lege a lucrurilor independente de noi. Progresul nu se face automatic, deşi aparența ar merge în acest sens. Îi trebuie concursul voinței umane***. Progresul este „o evoluție spre mai bine". Acest „spre mai bine" nu se găseşte în evoluția naturală, biologică; aceasta este diferența progresului. În natură, nu există nici libertate, nici progres; aici este regnul inflexibil al cauzalității mecanice. ***Libertatea şi progresul nu se întâlnesc decât în lumea scopurilor şi a***

---

[1] Constantin Rădulescu-Motru, *Curs de Psihologie*, Bucureşti, Editura Casa Şcoalelor, 1923, p.346.
[2] Constantin Rădulescu-Motru, *idem*, p.347.
[3] Constantin Rădulescu-Motru, *idem*, p.347.

valorilor, care se produc sub efortul colectiv al oamenilor. E caracteristic fiinţelor umane de a-şi alege liberi motivele lor de acţiune şi în această alegere se afirmă însăşi personalitatea lor. Unde nu are loc alegerea mijloacelor de realizare a idealului evoluţiei şi unde nu se lucrează conştient la această realizare nu este progres. ***„El este numai acolo unde găsim pe om părtaş la dirijarea evoluţiei, unde găsim scopul de a dirija evoluţia în spre o cât mai completă realizare a ceea ce omul consideră că este de valoare”***[4]. Prin aceasta, se precizează bine deosebirea dintre evoluţie şi progres.

Progresul este o evoluţie care presupune noţiunea de valoare; are loc numai unde se lucrează cu fenomene de voinţă, care pot fi raportate la valoare. Şi cum valoarea nu poate exista în afară de o personalitate, care să o susţină, se învederează şi faptul că progresul nu poate avea loc decât în funcţie de tensiunea personalităţii după realizarea de noi valori, sau a plusului de „înălţare sufletească”, caracteristic culturii, încât ceea ce se face în vederea formării personalităţii, va servi, în acelaşi timp, şi la promovarea progresului.

Progresul înţeles ca „năzuinţă spre mai bine” şi ca realizare conştientă a acestei năzuinţe, e firesc să fi căpătat sensuri diferite, după obiectivul la care se aplică – individ sau societate – sau după funcţiunile sociale la care se referă: intelectuale, economice, juridice şi politice, aşa încât se poate vorbi de un ***progres individual*** şi respectiv, ***progres social*** fiecare fiind progres intelectual, economic, juridic şi politic.

Progresul individual constă într-o sporire a eului, într-o luare de posesie a non-eului prin eu sau, cu alte cuvinte, într-o dirijare a individualităţii spre personalitatea spirituală autonomă şi creatoare de noi valori culturale.

Progresul social constă esenţialmente în a face să reiasă în evidenţă din ce în ce mai mult facultăţile caracteristice ale umanităţii, în comparaţie cu acelea ale animalităţii şi aceasta se face prin dezvoltarea ordinii sociale. În dezvoltarea progresului social se menţionează trei stadii de manifestare: **1**. regimul autorităţii acceptate; **2**. regimul anarhiei relative; **3**. regimul libertăţii reflectate. Primul convine popoarelor care nu ştiu să se conducă fără tutelă – el a fost regimul cu care s-a început organizarea socială. Pe măsură ce indivizii au devenit capabili de a se autoconduce, acest regim dispare. Al doilea s-a născut ca o reacţie contra regimului autorităţii absolute – este regimul individualiştilor extremişti, care, din teama de a vedea refăcându-se tutelele absolute, interzic mulţimilor de a-şi alege şefi, şi împiedică orice fel de asociaţii. Fiind întemeiat pe o idee falsă a libertăţii, va face loc regimului libertăţii reflectate. Cel de al treilea, înţelege că libertate nu trebuie înţeleasă în sensul că indivizii pot face tot ce vreau, ci a nu face ceea ce nu trebuie şi ca atare a face ceea ce trebuie, adică de a se pune de acord cu societatea în mod raţional.

Astfel, în faza treia, progresul social este caracterizat prin colaborarea voluntară a fiecărui individ la concentrarea energiei colective,

---

[4] Constantin Rădulescu-Motru, *idem*, p.346.

tinzând la bunul social suprem; conservarea şi sporirea – în calitate, mai mult decât în cantitate – a forțelor societății, din care face parte.

Concepțiile progresului social sunt întemeiate pe forme sociale sau pe funcțiuni sociale.

Prima funcțiune socială este considerată cea intelectuală, caracterizată de August Comte prin „legea celor trei stări": teologică, metafizică şi pozitivă.

Faza teologică are la bază un număr limitat de observări; în schimb, puterea de imaginație creatoare joacă un mare rol. În această fază, explicarea fenomenelor naturii se face numai prin intervenția divinității. În domeniul practic, acestei faze îi corespunde epoca autorității, iar în politică regalitatea.

Faza metafizică are la bază explicarea fenomenelor naturii prin idei abstracte, principii sau forțe. Se admit atâtea grupe de forțe câte grupe de fenomene se diferențiază. Toate însă sunt reduse la o forță primordială.

Faza pozitivă se caracterizează prin fantezia şi argumentația subordonate observării fenomenelor. Orice principiu stabilit se referă la o realitate. Armonia cu realitatea este criteriul cel mai înalt.

A doua funcție socială, tot constitutivă, care se ia drept criteriu în stabilirea progresului social este funcția economică.

După Herbert Spencer, progresul economic constă în trecerea de la societatea de tip militar, consumator, la societatea de tip industrial, productiv. Se reflectă aici formația de inginer a lui Herbert Spencer.

Societatea de tip militar se naşte din necesitatea de a unifica toate forțele spre a apăra comunitatea umană față de inamicii externi sau din instinctul de a trăi pe seama altor grupe sociale. Caracteristica acestei societăți e subordonarea absolută a indivizilor. ***Indivizii sunt mijloace, nu scopuri***.

În ***societatea industrială***, munca productivă, bazată pe cooperarea liberă a indivizilor, e pe întâiul plan. Trecerea de la primul tip de societate la al doilea este un progres şi exemplele concrete actuale o confirmă pe deplin.

A fost formulată şi o altă formă de succesiune a tipurilor de societate care confirmă progresul social. Se propune patru stadii de producție şi circulație a bunurilor.

1. ***O economie pur domestică***, în care familia, cuprinzând şi pe sclavi, îşi preîntâmpină toate nevoile prin activitatea membrilor săi. În acest stadiu, diviziunea muncii şi comerțul sunt minime, acest fel de economie fiind multă vreme idealul moraliştilor greci în antichitate.

2. ***O economie urbană sau municipală***, în care producția este asigurată de un grup de corporații, ai căror membri lucrează unii pentru alții, dar în care producătorii au totdeauna în vedere consumatorii cunoscuți de ei. A fost economia din perioada greco-romană, ajunsă la desăvârşire în evul mediu.

3. ***O economie națională***, în care corporația dispare şi face loc întreprinderii libere. Antreprenorii, cu ajutorul muncitorilor salariați, produc

pentru o piață foarte întinsă ale cărei nevoi sunt variabile şi consumatorii tot mai puțin cunoscuți.

4. ***O economie globală***, care este în stadiul de formare şi ale cărei trăsături specifice se conturează, actualmente, la orizontul cunoaşterii.

Marele chimist, fizician şi filozof german Ostwald Wilhelm Friederich (1853-1932) are o concepție energetică asupra progresului, care poate fi înglobată progresului ca funcțiune economică. După Ostwald, ***„progresul în umanitate constă în faptul că omul utilizează din ce în ce mai mult energiile libere răspândite pe suprafața pământului"***. El şi le apropie în cantitate din ce în ce mai mare, ştie să le adapteze din ce în ce mai bine propriilor sale trebuințe şi să transforme energiile libere în energii specializate, aşa încât tot progresul tehnicii, al organizației politice, al dreptului şi al ştiinței se reduce la această formulă, care este pe de-a-ntregul confirmată de societatea contemporană.

Progresul social, întemeiat pe ***funcția juridică*** a societății este constatat prin stabilirea unei legi a succesiunii tipurilor juridice, anume trecerea de la dreptul statutar la cel contractual. După dreptul statutar, condiția persoanei este determinată de obiceiul invariabil; după dreptul contractual, de convențiile şi contractele formate voluntar şi garantate legal.

Progresul social, întemeiat pe ***funcțiunea politică*** a societății se caracterizează printr-o tendință crescândă spre democrație şi prin lărgirea drepturilor politice, pentru toate persoanele, de orice categorie socială, inclusiv femeile.

Însă, indiferent dacă avem în vedere progresul individual sau progresul social, el este totdeauna o funcțiune a voinței umane.

Mecanismul progresului. Progresul constă dintr-o evoluție spre mai bine, pe oricare din domeniile de manifestare a voinței umane. Este necesar însă a se explica cum se face trecerea de la o stare la alta, care e nu numai ulterioară, dar şi superioară.

Din punct de vedere tehnico-economic, doi sunt factorii principali ai vieții sociale datorită cărora se realizează progresul: unui de inițiativă, ***invenția*** şi altul de difuzare ***imitația (inovația)***. Primordial este factorul novator, personal. El reprezintă oarecum cauza fundamentală în desfăşurarea procesului social spre progres. ***Forțele inventive se nasc totdeauna dintr-un om, dintr-un focar. Un om pasionat, ros de dorința de cucerire, de nemurire, de regenerare umană întâlneşte o idee, care-i deschide aspirațiilor sale o izbândă nebănuită. Factorul novator reprezintă oarecum propagarea în înălțime a vieții sociale***.

Factorul social prin excelență este însă imitația (inovația) căci o invenție nu are nici o valoare din punct de vedere social, câtă vreme masa cea mare a societății n-a fost mişcată în direcția invenției considerate. Mişcarea (deplasarea) masei societății în această direcție se face prin imitație, prin inovație.

Invenția este de fapt creația noului necesar pentru a se realiza progresul, iar imitația (inovația) o transformă într-un bun social, în civilizație.

Creatorul invenției (inventatorul) are o psihologie specială ce se caracterizează prin capacitatea de a reuni într-un fascicul noțiuni de origine foarte diferită şi de a le face să conveargă spre acelaşi scop. ***Creația intelectuală de orice fel, tehnică, literară, artistică, ştiințifică etc. rezidă în încolțirea unei idei sintetice, formată prin combinație nouă din elemente existând deja în spirit, cel puțin în parte***. În spirit are loc o frământare între elementele existente. Pentru a avea loc această țâşnire a ideii sintezei noi, este necesar să existe o bogăție de elemente sufleteşti şi să fie trăite în acelaşi timp cu o deosebită intensitate afectivă. Unul din caracterele invențiunii este de a fi precedată şi însoțită de fenomene afective, mai mult sau mai puțin vii, încât sentimentul e una din condițiile ordinare ale ideii creatoare.

Prin noul pe care-l aduce inventatorul, el pare un neadaptat la condițiile sociale existente. Conştient de menirea lui, el vrea totuşi să creeze; masa i se opune pentru ca mai târziu să-i devină cu atât mai ascultătoare, cu cât i-a fost mai refractară la început. Imită „noul" creat de inventator şi astfel masa umană totală e transportată pe o treaptă mai înaltă, unde iarăşi continuă mişcarea de înălțare. Continuitatea vieții sociale ar fi imposibilă fără această masă compactă de oameni pur imitativi, capabili de a dobândi şi de a conserva orice experiență nouă. Indivizii din masă nu inventează nimic, nu deranjează nimic, nu sfarmă nimic; în schimb, păstrează cu gelozie armătura devenită bun comun, datorită inventatorilor, aşa încât, dacă prin invenție se creează noi valori şi se dau noi forme societății, prin imitație se consolidează, extinzându-se în toată societatea. ***În mecanismul progresului participă deopotrivă factorii invenție şi imitație***.

Efort şi progres. Agentul prin excelență al progresului este efortul. Progres fără efort nu se poate concepe. Evoluția spre mai bine presupune o încordare, datorită căreia se trece de la o stare la alta mai superioară.

La creația unei invenții efortul este evident. Pentru a produce acea sinteză nouă între noțiunile deja existente şi pentru a-i da direcție nouă este nevoie de un mare efort intelectual, care să întrețină atât activitatea imaginației creatoare, cât şi afectivitatea intensă însoțitoare a procesului de invenție. Toate invențiile şi descoperirile de seamă au fost realizate prin eforturi îndelungate, după mărturiile autorilor invențiilor şi a descoperirilor marcante în istoria civilizației.

Dar, efortul este necesar şi la realizarea imitației. Imitația presupune introducerea în spirit a unei idei streine; ea este o schiță de creație, o creație de leneş sau de neîndemânatec. Ca şi invenția, ea presupune tendințe preexistente nesatisfăcute. Imitația cere un efort intelectual pentru părăsirea unor idei preconcepute, rod al invidiei sau sentimentelor rezultate din complexul de inferioritate. De aceea, nici imitația nu este la îndemâna oricui. Ea presupune o ruptură cu obişnuința. Numai obişnuința şi rutina sunt o repetare uniformă, o „imitație de sine", care nu cere efort. De aceea, omul realmente inferior este incapabil de a imita. Progresul nu vine prin urmare aşteptându-l omul cu mâinile încrucişate şi nici nu-i poate fi dat din afară de altcineva. Orice tendințe ideale dispar din viața socială dacă se dă omului

atâta ajutor din afară, încât nu mai are nevoie să-şi ajute singur. Ajutorul exterior este bun pentru a înlătura întrucâtva piedicile din calea progresului social; nu este însă suficient pentru a provoca progresul. Pentru aceasta este nevoie de forță interioară; de un efort care să ne pună în activitate spre a păşi mai înainte pe calea netezită din exterior.

Cine doreşte progresul – fie individ sau societate – trebuie să învețe a face eforturi; iar şcoala, care-şi propune să pregătească pentru viață şi să formeze personalități care să nu-şi curbeze ținuta în fața celei dintâi piedeci, trebuie să facă din propovăduirea efortului unul din crezurile ei principale. Cultivarea cultului muncii intense şi continue pentru obținerea unor rezultate meritorii pentru sine şi societate trebuie să fie o preocupare majoră a şcolii.

Formarea ideii de progres este indispensabilă procesului de educație din învățământ şi aceasta nu se poate face fără o legătură strânsă cu formarea ideii de efort fizic şi intelectual pentru obținerea lui. Numai astfel omenirea poate urca pe o nouă treaptă calitativă a vieții materiale şi spirituale.

Referindu-se la factorii determinanți ai progresului, P. P. Negulescu precizează că ***"inteligența este, netăgăduit, factorul de căpetenie a progresului, întrucât... Numai inteligența, în adevăr, poate ajuta pe oameni să descopere legile fenomenelor naturii, în mijlocul cărora li se desfăşoară viața, de care trebuie să se ferească sau pe care trebuie să le utilizeze, spre a-şi asigura existența mai întâi şi şi-o îmbunătăți apoi"***[5].

Folosirea inteligenței umane pentru implimentarea progresului, în toate domeniile vieții materiale şi spirituale, rezidă din tendința omului de a proiecta asupra mediului înconjurător sentimentele şi motivele activității sale proprii, care sunt născute în spiritul uman şi cunoscute de multă vreme.

După cum subliniază Herbert Marcuse[6]: ***"Ridicarea omenirii din sclavie şi mizerie la o tot mai mare libertate presupune progresul tehnic, adică un grad înalt de dominare a naturii, unicul generator al bogăției sociale, care, la rândul ei, permite ca şi trebuințele umane să îmbrace o formă mai umană şi să fie satisfăcute într-un mod mai uman"***. Rezultă deci că, pentru creşterea calității vieții se impune a acționa cât mai mult în direcția progresului tehnic, însă, progresul tehnic acționează negativ asupra habitatului, unul din indicatorii importanți de apreciere a calității vieții. Se observă deci că, pe de o parte, ridicarea calității vieții este legată direct de creşterea progresului tehnic, manifestat prin materializarea lui în domeniul artefactelor, cât şi în domeniul agro-alimentar bazat pe producția agricolă mecanizată, chimizată, electrificată, precum şi pe transporturile mecanice (feroviare, rutiere, fluviale, maritime, aeriene) şi telecomunicațiile (telefon, telegraf, radio, televiziune), iar pe de altă parte, progresul tehnic influențează negativ habitatul colectivității umane.

Dar cum acționează progresul tehnic asupra condiției umane ? Prin patru valori negative (adică de descreştere a lor), patru valori pozitive (adică de creştere a lor) şi raporturile dintre ele. Cele patru valori negative sunt: ***scăderea***

---

[5] P. P. Negulescu, *Destinul omenirii*, vol.II, Ed. Fundației, Bucureşti, 1939
[6] Herbert Marcuse, *Scrieri filozofice*, Ed. Politică, Bucureşti, 1983

proporțională a numărului lucrătorilor; micşorarea timpului pentru realizarea obiectelor manufacturate destinate comercializării; micşorarea numărului de tipuri de obiecte realizate; scăderea progresivă a prețurilor relative de vânzare. Cele patru valori pozitive sunt: ***creşterea numărului de obiecte manufacturate, ca mijloace de producție, destinate reducerii mâinii de lucru; creşterea indefinită a producției zilnice şi anuale de obiecte destinate comercializării; creşterea perfecțiunii funcționalității produselor comercializate; creşterea salariilor***.

La o primă observare superficială a acestor opt scopuri ale progresului tehnic ar părea că se contrazic, însă, la o analiză atentă a lor se constată perfecta armonie dintre ele.

A mări cantitatea şi randamentul maşinilor ca mijloace de producție înseamnă a micşora numărul lucrătorilor; a reduce timpul necesar realizării produselor, înseamnă a produce din zi în zi mai mult; a micşora numărul „tipurilor", obligând pe consumatori să renunțe la gusturile lor individuale, are drept urmare o sporire a producției şi o reducere a prețurilor de cost; şi, în sfârşit, scăzând prețurile de vânzare şi mărind salariile, sporesc numărul celor ce au posibilitatea să cumpere şi capacitatea lor de achiziționare; aşa încât se poate mări producția fără riscuri de supraproducție.

De asemenea, la aprecierea progresului tehnic se va avea în vedere faptul că de-a lungul istoriei modificările tehnologiei s-au produs totdeauna în sensul complexității crescânde şi al unei transformări de energie liberă în energie legată din ce în ce mai mare. Natura a fost mereu provocată pentru obținerea unor noi surse de energie liberă, din ce în ce mai greu accesibile.

Progresul tehnic presupune industrializare. Dar industrializarea se bazează pe o transformare intensă a energiei libere în energie legată şi deci printr-o creştere intensă a entropiei mediului înconjurător, apreciată cu ajutorul relației lui Clausius. În acelaşi timp, aşa cum s-a stabilit anterior, tot ce "consumă" ființa umană se bazează pe ***entropie joasă***. De aici concluzia că ***procesul de producție se bazează pe transformarea energiei libere în energie legată pentru obținerea unor "bunuri de consum" cu entropie joasă, cu o ordine ridicată. În consum, entropia joasă se transformă în entropie înaltă de către societatea umană, prin degradarea, transformarea în deşeuri, a bunurilor de consum. Ca urmare, procesul economic este un proces entropic***.

Se poate deci admite drept un fapt elementar că ***entropia joasă este o condiție necesară pentru ca un obiect să fie util***. În acelaşi timp, transformarea energiei libere în energie legată este un proces ireversibil, de unde a doua constatare că ***o anumită cantitate de entropie joasă nu poate fi folosită decât o singură dată***.

Pentru exemplificare considerăm o foaie metalică. Se ştie că pentru obținerea ei este nevoie de minereu, de alte materiale de adaus (fondanți şi combustibil) precum şi de o cantitate de lucru mecanic (efectuat de maşină sau/şi de om). În ultimă instanță totul se poate reduce la minereu (cu o structură nu prea ordonată) şi energie liberă. În urma procesului de lucru starea de ordine a materiei prime se măreşte pe seama transformării energiei libere în energie legată sau a încorporării în aceasta a unui flux de

entropie joasă din mediul înconjurător. Sau, cu alte cuvinte, starea de ordine a materiei prime se măreşte pe seama creşterii dezordinii în mediul înconjurător. Sau, dacă vreți, asemenea demonului lui Maxwell, au fost separați atomii de metal de ceilalți atomi, dar pentru a ajunge la acest rezultat s-a consumat definitiv mai multă entropie joasă decât diferența dintre entropia produsului finit şi cea a minereului. Energia liberă folosită în producție pentru furnizarea lucrului mecanic – de către oameni sau de către maşini – ori pentru încălzirea minereului este ireversibil transformată în energie legată.

În procesul de consum se produce un proces invers, foaia metalică, cu stare entropică joasă, se transformă într-un obiect nedefinit (deşeu) cu stare entropică ridicată. Însă, nu revine la entropia inițială ci intermediară, între entropia minereului şi entropia produsului finit, fapt ce atestă de ce mulți agenți economici economisesc entropie joasă prin refolosirea deşeurilor. Colectarea şi sortarea deşeurilor necesită o cantitate de entropie joasă mai redusă decât consumul de entropie joasă pentru a aduce minereul la starea de ordine a deşeului.

Dar această reciclare a deşeurilor a condus pe unii economişti la o interpretare greşită din punct de vedere entropic a procesului economic, considerându-l ca un sistem închis sau cu un flux circular. În realitate, procesul economic este un proces liniar care constă dintr-o continuă transformare a entropiei joase în entropie înaltă, sub formă de poluare. El se aseamănă cu un proces natural, intervenția omului grăbind însă procesul de trecere a entropiei joase în entropie înaltă.

Din punct de vedere fizic, procesul economic este un proces entropic; nici nu creează şi nici nu consumă materie sau energie, ci doar transformă entropia joasă în entropie înaltă. În acelaşi timp, întregul proces fizic al mediului înconjurător în care se desfăşoară procesul economic este entropic. Care este însă deosebirea dintre cele două procese, economic şi fizic ?

Mai întâi, ***procesul entropic din mediul înconjurător material se desfăşoară automat, în sensul că se produce de la sine, fără intervenția omului; procesul economic presupune intervenția omului***, care, la fel ca demonul lui Maxwell, sortează şi dirijează entropia joasă din mediu, în conformitate cu reguli bine stabilite – reguli care însă variază în timp şi spațiu. Deci, dacă procesul natural constă dintr-o trecere directă a entropiei joase în entropie înaltă, în procesul economic, între cele două etape, inițială şi finală, se interpune o etapă intermediară, de *"sortare"* a entropiei joase care urmează a fi transformată în entropie înaltă. Însă şi procesul de sortare este întreținut, este alimentat cu entropie joasă.

În al doilea rând, ***procesul natural se desfăşoară conform unei legități naturale, independentă de voința omului, pe câtă vreme procesul economic se desfăşoară tocmai datorită intervenției conştiente a omului***. Care este rațiunea de a realiza procesul economic ? Ea este dictată de necesitatea creşterii calității vieții umane.

Etapa intermediară, de reducere a entropiei materiei prime, rezultă din faptul că entropia joasă este o condiție necesară pentru ca un lucru să posede valoare. Dar această condiție nu este suficientă. Relația dintre valoarea economică şi entropia joasă este de acelaşi fel ca relația dintre preț şi valoare economică. Astfel, ciupercile otrăvitoare deşi au entropie joasă nu au valoare economică, comparativ cu ciupercile comestibile. De asemenea, omleta, la fel ca multe alte mâncăruri, deşi are o entropie mai înaltă decât oul crud, este preferată acestuia. Desigur, fiecare fir al procesului economic este entropic, însă căile pe care este țesut acest proces sunt trasate de categoria utilității pentru om.

Dar, dacă am văzut că procesul economic este un proces entropic, este necesar să legăm, în continuare, aceste noțiuni de conceptul de progres. Cum se face ? Simplu ! Amintind că procesul economic totdeauna este perfecționat, îmbunătățit şi ca atare aplicând conceptul de progres la procesul economic, prin intensificarea acestuia, se intensifică însăşi procesul entropic din natură. Rezultă astfel că societatea umană este un *"parazit"* al mediului înconjurător, dar, spre deosebire de celelalte specii ale viului, societatea umană este un parazit inteligent ce-şi diversifică continuu procedeele de acțiune asupra lui.

Orice formă de viață reprezintă, în mod necesar, o exploatare a mediului înconjurător, numai că modul de exploatare evoluează prin exercițiul inteligenței. Fie că este vorba de funcționarea unui organism sau funcționarea unei uzine, întotdeauna există o cheltuială de energie liberă ce trebuie compensată prin aporturi de energie, iar acestea sunt întotdeauna preluate din mediul natural. Pentru o societate umană, ca şi pentru cel mai mic organism, ingerarea de substanțe energetice este condiția activității.

Dar pentru creşterea activității populației umane se acționează intens, prin progres, asupra mediului înconjurător. Omul se hrăneşte cu materie vie cu entropie joasă şi structură foarte înaltă, în comparație cu substanțele minerale. Alimentarea sa este o transformare esențială a unei forme de viață, animală sau vegetală, în viață umană. Toată lumea ştie că o materie vie oarecare livrată combustiei se descompune în elemente chimice destul de simple, dar că, dimpotrivă, în materie vie aceste elemente se prezintă în combinații de o uimitoare complexitate încât foarte puține molecule de proteine au putut fi descrise într-o manieră satisfăcătoare şi se ştie, totodată, că elaborarea originară a acestor structuri complexe nu se realizează decât în regnul vegetal. Astfel, se poate spune că toate animalele sunt paraziți ai regnului vegetal, îndeosebi omul, care-şi exercită parazitismul direct, când consumă vegetale, fie indirect, când consumă animale erbivore, fie şi mai indirect, atunci când consumă animale carnivore. Dar, se pot prezenta lucrurile şi altfel, reamintind că traiectul materiei vii nu are sens unic, ci formează un circuit, un ciclu. Se va spune atunci că populația umană se încadrează într-un ecosistem, într-o comunitate biotică cu alte forme de viață. Ea este interesată "în mod vital" în conservarea ecosistemului de care depinde alimentarea sa. Zi de zi omul distruge alte forme de viață; pe termen

lung, el este însă obligat să conserve celelalte forme de viață. El trebuie să reușească sau să aibă mereu în atenție aceasta.

Încă în anul 1970 Edouard Bonnefous[7], membru al Academiei Franceze, scria: ***"Poluarea este prețul progresului tehnic şi industrial, ca şi al exploziei urbane"***. Vom dezvolta aceste idei.

Dezvoltarea progresului tehnic. Criza ambientală evidențiază faptul că s-a produs o gravă dereglare în modul în care oamenii îşi folosesc habitatul – Pământul. Vina nu este a naturii ci a omului. Toți cei care au scris despre criza mediului înconjurător au evidențiat faptul că aceasta reprezintă un neajuns al activităților umane pe Pământ şi nu un rezultat al vreunor modificări naturale independente de om.

Ca un ecou al perioadei de început a ecologiei, când aceasta era privită ca o disciplină exclusiv biologică, încă se mai justifica criza ambientală ca rezultat al creşterii populației şi al belşugului. Însă, ***dacă se iau drept bază indicii de creştere demografică şi produsul intern brut, se ajunge la constatarea că indicele de creştere a poluării este net superior primilor doi***. Care este cauza ? ***Cercetările ştiințifico-inginereşti au dus la concluzia că principala cauză de creştere mai rapidă a indicelui de poluare, în comparație cu indicii de dezvoltare demografică şi produsul intern brut o constituie progresul tehnic şi tehnologic***.

Să explicăm această constatare pe baza însuşi a exemplului care a generat-o, dezvoltarea economico-industrială. Vom considera unele date din SUA, țara cu dezvoltarea tehnică şi tehnologică ce mai înaintată. Astfel, dacă până în anii 1980, după cel de al doilea război mondial, produsul intern brut a crescut cu 126%, iar indicele demografic cu 40...50%, majoritatea indicilor de poluare au crescut de circa 10 ori.

Analizele efectuate pe baza statisticilor publicate oferă dovezi concludente în sensul că, dacă producția menită să satisfacă majoritatea cerințelor de bază – alimente, îmbrăcăminte, locuințe – s-a menținut aproximativ în pas cu sporul demografic de 40...50%, ceea ce înseamnă că producția pe locuitor a rămas practic constantă, tipurile de bunuri produse în acest scop s-au schimbat considerabil. Noi tehnologii productive le-au înlocuit pe cele vechi. Săpunul praf a fost înlocuit cu detergenți sintetici; fibrele naturale (lână, bumbac) au fost înlocuite cu fibre sintetice; oțelul şi cheresteaua au fost înlocuite cu aluminiu, mase plastice şi beton; transportul pe calea ferată a fost înlocuit cu transportul auto şi aerian; sticlele recuperabile au fost înlocuite cu sticle nerecuperabile etc. În gospodăriile agricole, unde producția pe cap de locuitor a rămas aproximativ constantă, suprafața terenurilor cultivate s-a micşorat – de fapt, îngrăşămintele chimice au înlocuit mărirea suprafeței de pământ. Metodele mai vechi de combatere a insectelor au fost înlocuite cu insecticide sintetice (de exemplu DDT-ul), iar în combaterea buruienilor, locul cultivatorului a fost luat de erbicide. Păşunatul liber al animalelor a fost înlocuit cu hrănirea controlată, în padocuri.

---

[7] Edouard Bonnefous, *Omul sau natura*, Editura Politică, Bucureşti, 1976

Una dintre cele mai spectaculoase creşteri de consum pe piaţa internă în multe ţări dezvoltate şi nu numai, "piaţa spălatului", în defavoarea uneia din cele mai vechi, mai larg acceptate şi mai folositoare invenţii omeneşti – săpunul – o constituie detergenţii. Această mutaţie tehnologică este tipică pentru numeroase substituiri de acest fel ce s-au produs de la război încoace, prin introducerea unui produs sintetic nenatural în locul unuia organic şi natural. În fiecare din aceste cazuri, noua tehnică a agravat impactul ambiental al bunului economic respectiv.

Săpunul se obţine prin reacţia dintre un produs natural, grăsimea, şi substanţe alcaline. Fără îndoială că fabricarea săpunului din grăsimi naturale şi substanţe alcaline implică un consum de combustibil şi producerea de deşeuri. După folosire şi evacuare prin canal săpunul este descompus prin acţiunea bacteriilor (grăsimea naturală fiind uşor atacată de enzimele bacteriene). În majoritatea cazurilor, această acţiune are loc într-o instalaţie de tratare a apelor uzate. Ceea ce ajunge în apele de suprafaţă, în acest caz, este numai apa şi bioxidul de carbon, căci grăsimea nu conţine decât atomi de carbon, hidrogen şi oxigen. Aşadar, efectul asupra ecosistemului acvatic din cauza cererii biologice de oxigen (care însoţeşte degradarea bacteriană a deşeurilor organice) este, în cazul săpunului, mic sau chiar inexistent. Şi nici produsul final al degradării săpunului, bioxidul de carbon, nu este, de regulă, un intrus ecologic major, întrucât ele există deja în cantităţi mari provenind din alte surse ambientale. Producerea şi utilizarea săpunului nu implică decât efecte minore asupra ambianţei.

În comparaţie cu săpunul, producţia detergenţilor are un impact ambiental pronunţat. Detergenţii sunt sintetizaţi din materii prime organice existente iniţial în petrol laolaltă cu alte substanţe. Pentru a obţine aceste materii prime, petrolul este supus distilării şi altor procese consumatoare de energie liberă, iar prin arderea combustibililor se poluează atmosfera.

După folosire detergenţii devin surse majore de poluare suplimentară. Contrastul cu săpunul este izbitor aici. Săpunul se foloseşte în lumea întreagă de mii de ani într-o gamă largă de ambianţe ecologice, economice şi culturale, fără a fi existat vreo problemă de poluare. Pe de altă parte, numai în câteva decenii, detergenţii şi-au creat o foarte proastă reputaţie ambientală pretutindeni unde au fost folosiţi.

Industria textilă oferă un alt caz major de substituire a substanţelor organice naturale prin produşi sintetici nenaturali. Câteva date edificatoare din statisticile acestei ramuri de producţie. În ţările dezvoltate, (în SUA) statisticile arată că se consumă circa 22 kg de fibre pe cap de locuitor. Din acest total, înainte de 1950, bumbacul şi lâna reprezentau circa 17 kg, fibrele celulozice modificate (de exemplu mătasea artificială) circa 4 kg, iar fibrele sintetice complet artificiale circa 1 kg pe cap de locuitor. După 1970, cantitatea de 22 kg pe cap de locuitor se menţine, însă se modifică structura fibrelor şi anume, bumbacul şi lâna se reduc la circa 11 kg pe cap de locuitor, fibrele celulozice modificate rămân la circa 4 kg pe cap de locuitor, iar fibrele sintetice complet artificiale urcă la 9 kg pe cap de locuitor. Obţinerea fibrelor artificiale este o activitate poluantă,

fiind însoțită şi de faptul că dacă deşeurile de fibre naturale sunt biodegradabile, cele artificiale nu sunt biodegradabile.

Fără îndoială că exemple sunt multe din viața cotidiană care să confirme rolul deosebit al tehnologiilor noi, moderne, în poluarea mediului înconjurător. Aceste schimbări frapante în ritmul postbelic al degradării mediului ne oferă un indiciu important asupra originii problemei poluării. În secolul al XX-lea s-a produs o importantă revoluție ştiințifică, care a generat schimbări masive în domeniul tehnicii şi în aplicațiile acesteia în industrie, agricultură, transporturi şi comunicații. Cel de al doilea război mondial constituie un punct de cotitură în această tranziție istorică. Perioada interbelică este o perioadă de mari descoperiri revoluționare în ştiințele fundamentale moderne, mai ales în fizică şi chimie – descoperiri pe care se întemeiază în mare măsură noile tehnologii productive. În perioada războiului, sub presiunea necesităților militare, o mare parte din noile cunoştințe ştiințifice au fost rapid convertite în noi tehnologii şi activități productive. După război, aceste tehnologii au schimbat cu repeziciune caracterul producției industriale şi agricole. Perioada celui de al doilea război mondial este, aşadar, zona de demarcație dintre revoluția ştiințifică ce i-a precedat şi revoluția tehnologică care i-a succedat. Al doilea război mondial marcând astfel un punct de reper în dezvoltarea istorică a omenirii, atât sub aspect tehnico-economic, cât şi sub aspect socio-uman.

Dezvoltarea industrială. Vorbindu-se de ***revoluția ştiințifică şi tehnică contemporană***, implicit se are în vedere materializarea realizărilor teoretice ale acestora, care s-a făcut prin intermediul industrializării tuturor ramurilor activităților umane: industrie propriu zis, industrializarea agriculturii, industrializarea transporturilor etc. Aceasta a făcut ca relațiile om – natură să se intensifice, fiind caracterizate de creşterea gradului de civilizație prin creşterea consumului de materii prime luate din natură, pe baza creşterii puterii omului de intervenție în natură printr-o tehnică dezvoltată cu mare repeziciune în ultimele două secole.

Industria consumă cantități tot mai mari de combustibili şi materii prime, răspândind în atmosferă şi deversând în ape mari cantități de reziduuri care deteriorează local structura troposferei şi a unor ape continentale. Astfel, producția de petrol a lumii a crescut de 50 de ori față de începutul secolului XX. S-au intensificat activitățile de minerit, de exemplu exploatările de minereu de fier (de la 212,9 milioane tone în 1937, la 788 milioane tone în 1977, 841 milioane tone în 1980, 955 milioane tone în 1994, cele de bauxită de la 39 milioane tone în 1965, la 125 milioane tone în 1997, cele de cupru la 11,4 milioane tone în 1997 la care se adaugă mari cantități de cupru reciclat, cele de minereu de zinc la 6,96 milioane tone în 1997 (conținut metal), cele de minereu de plumb la 2,8 milioane tone în 1997 etc. Toate aceste exploatări, executate în galerii de mină, dar în multe cazuri şi la suprafață, cu adânci excavații şi decopertări, cu înălțarea în apropiere a unor mari halde, pe alocuri de dimensiunile unor coline pe care decenii de-a rândul nu prinde nici un fel de vegetație, reprezintă "pecetea" industriei minere din actuala etapă de civilizație. *Agricultura* s-a extins practic în majoritatea zonelor de câmpie unde cad ploi, modificând aspectul floristic al

locurilor şi dereglând mecanismele refacerii naturale a solurilor. Extensiunea rapidă a *căilor de comunicație* moderne în ultima sută de ani într-o rețea tot mai densă, defrişările de păduri şi desțelenirile de pajişti intensificate în secolul al XX-lea în zonele temperate şi extinse în mod alarmant în perioada contemporană în zona intertropicală, arată cât de complicate şi de intense au ajuns raporturile dintre om şi natură. ***Factorul om a devenit astfel un agent modificator al naturii foarte activ, iar antroposfera se individualizează ca una dintre geosferele cele mai puternic modificatoare la limita de interferență a celorlalte învelişuri terestre***.

"Explozia urbană" şi mediul. Urbanizarea este una din acțiunile umane care conduce la transformarea deosebită a mediului înconjurător. Edouard Bonnefous scria: ***"...oraşul apare de două ori distrugător: îşi distruge propria-i realitate în interior, impurifică şi devorează cadrul natural în exterior"***.

Dar, multă vreme cercetătorii au fost şi mai sunt contradictorii în argumentarea diferențierii esențiale dintre oraş şi sat. Unii o căutau în aspectul aşezării, considerând oraş ceea ce oamenii țării respective au impresia că este oraş. Este o caracterizare pe cât de firească, pe atât de imprecisă. Unii l-au definit prin aglomerarea caselor; astfel, suedezul Gerd Enequist stabileşte la 70 m distanța maximă dintre case pentru ca aşezarea să fie oraş, iar norvegianul Hallstein-Myklebost la 50 m. Cu toată aparenta precizie, aceste cifre nu pot avea o valoare general aplicabilă în lume.

În unele țări criteriul oficial admis pentru calificarea unei aşezări drept oraş este numărul locuitorilor. De exemplu, în Franța această limită este de 2 000 de locuitori, cifră stabilită încă în 1887 şi menținută până în prezent. Aceeaşi limită se foloseşte în Portugalia şi Argentina. În SUA şi Thailanda cifra limită este de 2 500 de locuitori, iar în Grecia şi Spania 10 000. În țările cu populație mai rară, limita aceasta este mult mai coborâtă (300 locuitori în Islanda, 250 în Danemarca). Se observă cât de relative sunt criteriile de delimitare a localităților în a fi considerate oraş sau sat. Însă, nici unul din criteriile enunțate nu se apropie de fondul problemei: rosturile esențiale care delimitează denumirea de oraş sau sat.

Criteriul oficial folosit în țara noastră, după care oraşul trebuie să dețină cel puțin jumătate din populația activă în ocupații neagricole şi să dispună de condiții edilitare corespunzătoare, este, credem, cel mai corect în a delimita real fenomenul urban.

Esențiala deosebire a oraşului de sat constă aşadar în atribuțiile economice şi social-culturale ce revin acestuia față de sat, ori, cum au fost denumite, funcțiunile ce îndeplineşte fiecare dintre cele două categorii de aşezări. Regula este că satul agricol hrăneşte oraşul care exercită funcțiuni comerciale şi industriale. Arnold Toynbee[8] defineşte oraşul ca fiind: ***"o aşezare ai cărei locuitori nu pot produce, în limitele ei, toată hrana de care au nevoie"*** şi ca urmare oraşul nu poate exista fără o sursă de aprovizionare externă, un hinterland agricol. Desigur că şi aceste considerații

[8] Arnold Toynbee, *Oraşele în mişcare*, Ed. Politică, Bucureşti, 1979

sunt aproximative, există sate unde majoritatea locuitorilor au ocupații neagricole – satele de pescari, mineri etc., precum oraşe în care locuitorii cartierelor mărginaşe au ocupații agricole.

Ceea ce diferența îndeosebi oraşul de sat, în vremurile mai depărtate, erau produsele meşteşugăreşti şi cele comerciale aduse cu caravane şi corăbii din țări depărtate. Treptat meşteşugurile au făcut loc industriei, care s-a situat de mai bine de un secol pe primul loc, furnizând ea însăşi comerțului o mare varietate de produse. S-au adăugat însă şi serviciile (juridice, medicale, culturale etc.), precum şi dregătoriile administrative.

Cele mai vechi oraşe din Mesopotamia de sud au fost ***Ierihon*** (circa 5000 î.H.) ***Ur, Uruk*** (mileniul V î.H.) ***Lagaş, Nippur*** (mileniul IV î.H.) ş. a. În mileniile III şi II î. H. au evoluat oraşele-state aflate în locurile cele mai prielnice comerțului, la intersecția drumurilor maritime, precum: ***Ugarit, Byblos, Sidon, Tyr, Cartagina***, apoi în Grecia: ***Micene, Corint, Argos*** etc.

Pe parcursul timpului, oraşele s-au înmulțit, chiar dacă unele s-au ruinat sau au dispărut de nu li se mai ştie poziția geografică. Multe altele noi le-au luat locul. Îndeosebi începând din secolul al XIX-lea creşterea oraşelor ia proporții deosebite. Dacă pe la anul 1800 populația urbană a lumii reunea doar 27 milioane locuitori în 750 de oraşe cu peste 5000 de locuitori, 200 de oraşe cu peste 20.000 locuitori şi 45 oraşe cu peste 100.000 locuitori – ceea ce raportat la populația totală de la acea vreme de circa 900 milioane de locuitori, reprezenta cam 3%; peste un secol, la 1900 ponderea populației urbane ajunsese la 15%, pentru ca la 1950 aceasta să dețină 27,6%. În 1950 a fost consemnată existența a 27.600 de oraşe cu peste 5000 de locuitori, 5.500 cu peste 20.000 locuitori şi 875 oraşe cu peste 100.000 locuitori. Creşterea vertiginoasă a oraşelor după al doilea război mondial, face să apară un termen nou de ***explozie urbană***, termen folosit curent în tratatele de geografie, demografie, sociologie etc. Oraşele cu peste 1 milion de locuitori, care la 1950 erau doar în număr de 49, au ajuns la 172 în 1970. După 1970 proporțiile urbanizării se accentuează. În 1995, statisticile ONU menționau că 45,21% din populația lumii era urbană: America de Nord – 76,29%; America de Sud – 77,97%; Europa – 73,6%; Asia – 34,74% etc. Numărul oraşelor cu peste 750 000 locuitori, era în 1995, pe total – 369; Europa – 79; Asia – 153; Africa – 35; China – 51; SUA – 43; Germania – 16; Japonia – 8 etc.

Concentrarea urbană a populației ridică multe probleme privind poluarea locală şi structura surselor de poluare. Structura surselor de poluare sunt: poluare industrială: 20÷25%; poluarea casnică: 50÷60% şi poluarea cauzată de mijloacele de transport: 20÷25%. Unele detalii, desigur, în capitolele următoare.

Explozia demografică şi mediul înconjurător. Sub raport demografic, perioada contemporană se caracterizează printr-o creştere accentuată a populației globului.

Dacă la începutul mileniului 2 populația lumii se ridica la circa 250 milioane de locuitori, în 1600 la 500 milioane de locuitori, în 1850 la 1 miliard de locuitori; ulterior, creşterea populației se face într-un ritm din ce în ce mai

accentuat. Pe baza statisticilor elaborate de ONU, a fost realizată reprezentarea grafică din figura 5.1.

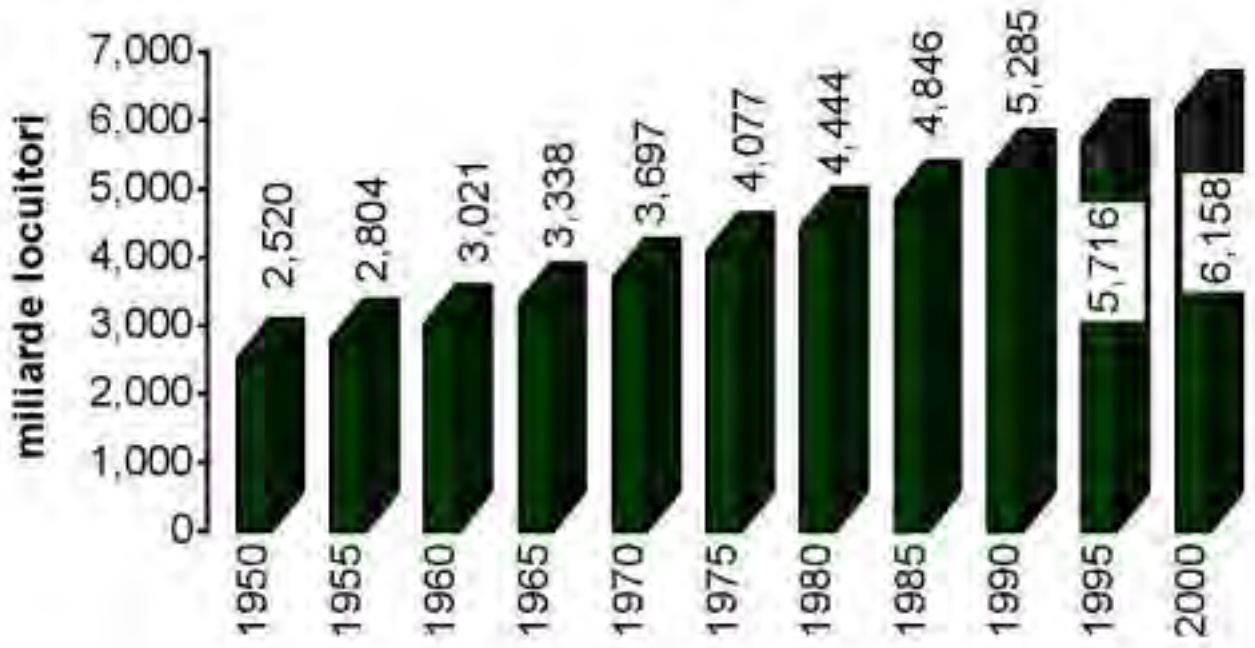


Fig.5.1. Creşterea demografică în partea doua a secolului XX

Însă, creşterea demografică nu este uniformă pe glob. Ritmuri mai înalte de dezvoltare demografică se înregistrează în ţările în curs de dezvoltare din America Latină, Africa, Asia de Sud şi Sud-Vest. Explozia demografică accentuează criza agroalimentară şi poluarea mediului, fie direct prin creşterea emanaţiei de poluanţi, fie indirect prin distrugerea surselor de purificare a atmosferei.

În ce priveşte stabilirea capacităţii de suportabilitate a Pământului se fac diverse estimaţii, unele de domeniul fantasticului. Astfel, S. Neguţ[9] arată că la o exploatarea intensivă a capacităţii agroalimentare a Terrei s-ar putea hrăni 30 miliarde de locuitori, apreciind însă că cifra poate ajunge chiar la 120 miliarde de locuitori. Nu specifică însă cât timp. Rămânând în domeniul raţionalului, să luăm în considerare unele date furnizate de statisticile ONU. Cea mai mare producţie agroalimentară realizată pe glob, în 1993, a fost de 1,850 miliarde tone. Specialiştii estimează că nu va putea depăşi 2 miliarde de tone (care este producţie estimată, nu realizată). Consumul agroalimentar este de 800 kg pe cap de locuitor în SUA şi 200 kg pe cap de locuitor în India. Se spune că nu este corect nici unul nici celălalt; corect ar fi consumul de 400 kg pe cap de locuitor realizat în Italia. Dacă se raportează producţia maximă agroalimentară estimată la 400 kg consum pe cap de locuitor, rezultă că Pământul poate hrăni 5 miliarde de locuitori, populaţie mai mică cu 20% decât cea actuală. Dar aceasta presupune ca

[9] Neguţ S., *Un singur pământ. Omul şi mediul înconjurător*, Ed. Albatros, Bucureşti, 1978

cetățenii americani şi alții ca ei să-şi reducă consumul la jumătate; vor accepta ?

Unii comentatori consideră că rezolvarea problemei constă în necesitatea reducerii populației lumii. Întrucât cu toate congresele demografice ce au avut loc nu se face nimic, se apreciază că se va opta pentru o cale forțată, prin provocarea unor boli de exterminare a populației. Astfel, Ionathan Vankin şi John Whalen susțin că SIDA este o astfel de opțiune[10]. La sfârşitul anului 1998 au fost prezentate în mass-media informații că se fac cercetări intense privind arme biologice pe criterii etnice etc. Milton William Cooper[11] este şi mai categoric în acest sens. După statisticile ONU, în Africa subsahariană, cu o populație de peste 800 milioane de locuitori, epidemia de HIV devastează societatea. Ratele mortalității cresc, mortalitatea infantilă creşte, speranța de viață – probabil cea mai elementară măsură a dezvoltării economice – scade. Înainte de răspândirea SIDA, speranța de viață în Zimbawe era de 65 de ani – în 1998 ea a scăzut la 44 de ani. Pentru 2010 se preconizează că va scădea la 39 de ani. Cifrele pentru Kenya sunt 66 de ani înainte de SIDA şi 44 de ani pentru 2010. Pentru Namibia declinul este de la 65 la 39 de ani în 2010; pentru Africa de Sud, de la 65 la 48 de ani şi pentru Botswana, de la 61 la 38 de ani. În aceste țări, unde epidemia de HIV a scăpat de sub control, au apărut şi alte tendințe negative care, împreună, inversează însuşi procesul de dezvoltare. Bolnavii de SIDA copleşesc sistemele sanitare din multe societăți subsahariene. În unele spitale din Africa de Sud, 70% din paturi sunt ocupate de bolnavi de SIDA. În Zimbawe, unde 25% din populația adultă este seropozitivă, jumătate din bugetul sănătății este cheltuit cu bolnavii de SIDA. Riscul este că această presiune asupra sistemelor sanitare va deposeda mulți oameni de cele mai elementare servicii medicale, ceea ce va duce inevitabil la creşterea în continuare a ratei mortalității.

5.3. Concepții noi pentru aprecierea progresului

Aşa cum s-a specificat anterior, progresul a fost definit ca o schimbare cantitativă şi calitativă superioară, cu intervenția nemijlocită a omului. Această definire a condus şi la stabilirea unui anumit mod de apreciere a progresului, cu ajutorul unor indicatori.

Principalii indicatori luați în considerare, după 1950, sunt: PIB (Produsul intern brut), PNB (Produsul național brut), Balanța comercială, Balanța plăților curente, Rata de creştere anuală, populația activă ocupată, export, import, şomeri şi inactivi etc.

---

[10] Ionathan Vankin şi John Whalen, *Conspirații celebre*, Ed. ALDO PRESS, Bucureşti, 1997, p.315 - 320

[11] Milton William Cooper, *Partea nevăzută a lumii*, Ed. ELIT, Bucureşti, 1998, p.131-151

Astfel, statisticile economice înregistrează faptul că de la jumătatea secolului al XX-lea şi până la începutul anilor 1990, producția economică globală a crescut de aproape cinci ori. În medie, surplusul obținut în fiecare decadă între 1950 şi 1990 egalează producția înregistrată de la începutul civilizației până în 1950.

Dar, toate aceste rezultate nu sunt decât nişte iluzii, cu senzația tot mai acută a unui progres ale cărui statistici au fost exagerate. Aceasta întrucât, în general, factorii de decizie din domeniul social-economic, preferând publicitate populistă, interpretează şi analizează tendințele în termeni specifici, cum sunt: ***investiție, creştere, economii***. Ei preferă, într-o măsură covârşitoare, aprecierile social economice, pe baza unor teorii şi indicatori economici şi consideră viitorul ca fiind, mai mult sau mai puțin, o extrapolare a prezentului şi a trecutului imediat. Din punctul lor de vedere sunt prea puține motive de îngrijorare pentru modul în care restricțiile naturale intervin în activitatea economică a omului; ei consideră că tehnologiile noi, avansate, pot depăşi orice limite, fără a lua în considerare faptul că tehnologiile noi, pe ansamblu, sunt mai mari consumatoare de energie liberă decât cele pe care le înlocuiesc. Opiniile lor domină şi sunt luate în considerare în lumea finanțelor şi a marilor industrii, precum şi în cadrul guvernelor naționale şi al agențiilor internaționale pentru dezvoltare.

Principalii indicatori economici luați în considerare pentru aprecierea progresului economic se prezintă în tabelul 5.1.

Tabelul 5.1

Principalii indicatori economic globali luați în considerare la evaluarea progresului

Indicatori	Observații
Produsul mondial brut	Producția mondială de bunuri şi servicii a totalizat aproximativ 2.10^7 milioane dolari în 1990, crescând semnificativ față de 1980, când valoarea ei a fost de $1,55.10^7$ milioane dolari (dolari cu valoare constantă la nivelul anului 1990).
Comerțul internațional	Exporturile mondiale ale tuturor bunurilor - agricole, industriale şi minerale – au crescut cu 4% pe an în timpul decadei '80, ajungând la mai mult de 3.10^6 milioane dolari în 1990.
Prețul acțiunilor	Un indicator cheie al încrederii investitorului este prețul acțiunilor. La bursele din New York şi Tokyo aceste prețuri au urcat la cote nemaiîntâlnite până în anii '90.
Angajarea forței de muncă	Într-un an tipic, creşterea economiei globale creează milioane de locuri de muncă, dar, din păcate, crearea locurilor de muncă se află cu mult în urma numărului persoanelor care intră pentru prima dată în sfera forței de muncă.

Dar, aşa cum s-a demonstrat anterior, progres înseamnă şi degradare ecologică a mediului înconjurător. Sistemele naționale de calcul, folosite

pentru a măsura progresul economic, iau în considerare uzura fizică şi morală a instalațiilor şi echipamentelor, dar, nu şi epuizarea capitalului natural. ***De la jumătatea secolului s-a pierdut aproape o cincime din terenul arabil, au fost defrişate o cincime din pădurile tropicale şi au dispărut zeci de specii de plante şi animale***.

În timpul acestei perioade***, nivelul bioxidului de carbon (CO_2) din atmosferă a crescut cu 13% favorizând condițiile pentru veri mai calde. Stratul protector de ozon a scăzut cu 2% în întreaga lume, până dincolo de Antarctica. Lacurile moarte şi pădurile pe cale de dispariție au devenit o urmare firească a industrializării***.

Influența degradării mediului ambiant al planetei asupra recoltei este relevantă. Efectele cumulative cauzate de ***pierderea a 24 milioane de hectare teren arabil în fiecare an*** sunt resimțite în câteva mari zone producătoare de hrană. Degradarea mediului înconjurător a contribuit, neîndoielnic, la scăderea producției mondiale de cereale. Mărirea producției mondiale de cereale de 2,6 ori între anii 1950 şi 1984 a fost urmată de o scădere a acesteia care, corelată cu ritmul de creştere demografică, între anii 1984 şi 1990 a echivalat cu o scădere de 7% a producției de cereale pe cap de locuitor. Două treimi din această scădere a cauzat micşorarea stocurilor la un nivel extrem de mic, iar restul de o treime a cauzat o reducere a consumului de cereale pe plan mondial.

Aşa cum s-a specificat anterior, prima Conferință Mondială pentru Protecția Mediului a avut loc între 5 şi 12 iunie 1972 la Stockholm, iar a doua între 3 şi 14 iunie 1992 la Rio de Janeiro, deci, după 20 de ani. ***În perioada celor 20 de ani se apreciază că lumea a pierdut aproape 200 milioane hectare de pădure. Deşerturile şi-au mărit suprafața cu aproape 120 milioane de hectare***, ceea ce înseamnă mai mult decât întinderea pământurilor cultivate din China. Mii de specii de plante şi de animale au dispărut în această perioadă. Numai ***în două decade populația globului a crescut cu circa 1,6 miliarde de locuitori – mai mult decât întreaga populație a planetei la 1900***. De asemenea, se estimează că ***fermierii din întreaga lume au pierdut 480 miliarde tone de pământ vegetal, o cantitate echivalentă cu întregul pământ arabil al Indiei***. Această degradare planetară a avansat în ciuda eforturilor de protecție a mediului ambiant făcute în aceste două decenii în întreaga lume.

Una dintre explicațiile acestei situații este aceea că deşi guvernele au declarat îngrijorarea lor față de deteriorarea mediului ambiant, puține dintre ele au dorit cu adevărat să facă schimbări fundamentale care să asigure protecția şi refacerea lui. Astfel, stabilizarea climei depinde de restructurarea strategiilor energetice naționale. Frânarea ritmului de creştere a populației implică schimbări importante în comportamentul reproductiv uman. Dar înțelegerea de către populație a consecințelor acestei creşteri continue a temperaturii mediului ambiant şi, respectiv, ale creşterii rapide a populației globului nu este încă suficientă pentru a sprijini răspunsuri politice adecvate.

Pentru abordarea frontală a acestor probleme, ale protecției mediului, este necesară, în primul rând, intervenția oamenilor de ştiință şi a factorilor decizionali din domeniul economico-social să pregătească adecvat populația în

acest scop. Se poate face aceasta printr-o acțiune concertată în care un loc însemnat trebuie să-l ocupe recalcularea evaluării progresului economico-social.

Luați intrinsec, indicatorii economici de bază ne arată o situație prosperă. În decursul deceniului opt, de exemplu, producția economică globală s-a mărit mai mult de o cincime. Economia s-a dezvoltat, comerțul a înflorit şi milioane de noi slujbe au fost create.

Crearea unei iluzii de progres neîntrerupt se datorează faptului că indicatorii economici sunt în mod fundamental alterați; nu se fac deosebiri între întrebuințările care susțin progresul şi cele care îl subminează. Principala unitate de măsură pentru progresul economic a fost şi mai este Produsul Național Brut (PNB), instituit ca indicator economic comun pentru toate țările cu circa jumătate de secol în urmă de organismele ONU. În termeni simpli, aceasta însumează valoare tuturor mărfurilor şi serviciilor prestate şi neglijează valoare deteriorării bunurilor capitale. Pentru evaluare, PNB ia în considerare şi degradarea fizică şi morală a utilajelor şi echipamentelor, dar nu ia în considerare deteriorarea capitalului natural, incluzând resurse ce nu pot fi reînoite, cum ar fi petrolul sau resurse ce pot fi reînoite cum ar fi pădurile.

Acest neajuns poate duce la o imagine înşelătoare a sănătății economiei naționale. Potrivit abordării convenționale, de exemplu, țările ce supraexploatează pădurile reuşesc din punct de vedere economic mai bine şi într-un timp mai scurt decât acelea care exploatează păduri după un plan dinainte stabilit. Arborii tăiați sunt considerați un venit, dar nu se face nici o evaluare privind defrişarea pădurii, ca efect negativ. Avantajul este însă de scurtă durată întrucât tăiatul prea multor copaci distruge în întregime resursa de bază, ducând la declinul industriei forestiere. Pentru a se evidenția necesitatea luării în considerare a deteriorării capitalului natural la calculul PNB, specialiştii au recalculat rata de creştere a PNB pentru Indonezia care, în perioada 1971 şi 1984, era raportat ca fiind 7%. Luându-se în considerare pierderea capitalului natural doar prin reducerea cantității de petrol, eroziunea solului şi despădurire, s-a arătat că rata creşterii economice a Indoneziei între 1971 şi 1984 a fost doar de 4% şi nu 7%.

Includerea în calcul a modificării "activului" şi "pasivului" capitalului natural reprezintă o cucerire majoră. Dacă acest sistem devine baza construirii strategiilor într-o perioadă cu mari probleme ale mediului înconjurător, va trebui să fie perfecționat prin evaluarea efectelor mediului înconjurător asupra activității economice. În tabelul 5.2 se prezintă principalii indicatori ecologici ce trebuie luați în considerare la recalcularea progresului economic.

Una din acuzele ce determină distrugerea mediului înconjurător în zonele centrelor de civilizație este ceea ce s-ar putea numi ***"paradoxul cărnii"***. ***Dezvoltarea unei civilizații sporeşte cererea de carne, nu numai prin creşterea numărului de consumatori urbani ci şi faptul că aceştia îşi reclamă preferința consumării proteinelor sub forma cărnii***. Ori, este bine cunoscut şi ***s-a demonstrat că aceeaşi suprafață produce mult mai puține alimente sub formă de carne, decât sub formă de cereale***.

Transformarea cerințelor alimentare antrenează deci o irosire a spațiului fără vreun inconvenient. Dacă poate fi satisfăcută cu alimente de pe terenuri îndepărtate (astfel făceau romanii aducând grâu din Egipt sau Dacia, Libia şi Tunisia), degradarea mediului înconjurător propriu nu prezenta importanță. La fel au făcut țările europene cu coloniile acestora; Anglia, Franța, Spania, Belgia etc., care, pe lângă reducerea terenurilor cultivabile proprii, au contribuit din plin şi la distrugerea terenurilor agricole din fostele colonii. Nu întâmplător Juvenal afirma că marile domenii rurale au distrus politic Italia, că transhumanța marilor turme au distrus pământurile.

Tabelul 5.2

Principalii indicatori ecologici globali

Indicatori	Observații
Pădurile	În fiecare an suprafața împădurită a pământului se micşorează cu aproape 17 milioane de hectare, deci cu o întindere egală cu cea a Austriei. Pădurile sunt tăiate pentru obținerea de noi suprafețe agricole. Producerea de cherestea şi lemne de foc depăşeşte capacitatea naturală de regenerare a pădurilor, iar poluarea atmosferei şi ploile acide devin tot mai distrugătoare pe fiecare continent.
Pământul	Pierderile anuale de pământ vegetal din terenurile agricole sunt estimate la 24 miliarde de tone, aproximativ jumătate din pământul destinat culturii grâului din Australia. Degradarea păşunilor este un fenomen care se întâlneşte în toate țările Lumii a Treia, în America de Nord şi Australia.
Clima	Cantitatea de CO_2, principalul gaz din atmosferă responsabil pentru efectul de seră se află într-o continuă creştere, cu 0,4% pe an, din cauza arderii combustibililor fosili şi a defrişării pădurilor. Verile cu călduri record din anii optzeci s-ar putea să fie depăşite, ca valori maxime ale temperaturii, de verile anilor următori.
Calitatea aerului	Poluarea atmosferei a atins valori periculoase pentru sănătatea oamenilor în sute de oraşe ale lumii, precum şi pentru recoltele agricole, în nenumărate regiuni ale pământului.
Calitatea apei	Progresul realizat în reducerea contaminării biologice a apei de băut în unele țări ale Lumii a Treia a fost mai mult decât anihilat de răspândirea contaminării chimice la nivelul pânzelor freatice de apă şi, deci, a alimentărilor cu apă din puțuri, atât în țările industriale, cât şi în cele în curs de dezvoltare.
Viața plantelor şi animalelor	Pe măsură ce numărul oamenilor care locuiesc pe această planetă creşte, numărul speciilor de plante şi animale se reduce continuu. Distrugerea habitatului şi poluarea mediului ambiant au ca rezultat reducerea diversității biologice a planetei. Creşterile de temperatură şi deteriorare a stratului de ozon pot conduce, de asemenea, la creşterea pierderilor în viitor.

Omul a creat civilizații, care, ***în sens etimologic, înseamnă urbanizare***. Ceea ce este ***caracteristic vieții urbane este că omul nu mai întâlneşte viața decât sub forma semenului său, iar tot ce vede în jur***

este mineral organizat. Această situație este extrem de favorabilă uitării condițiilor ecologice ale existenței umane. Şi, în consecință, o tendință inerentă a civilizației de a ruina condițiile de existență ale omului. Este uimitor faptul că cele mai frumoase descoperiri arheologice, aşa cum s-a subliniat anterior, au fost făcute în semideşerturi, iar o hartă care le-ar reprezenta ar coincide, într-o măsură destul de mare, cu locurile actuale de depopulare sau mizerie.

5.4. Analiza termodinamică a ecosistemelor

Deşi este deseori contestată ca metodologie de analiză a proceselor ecologice sau economice etc., principiile termodinamice rămân instrumentele cele mai adecvate de analiză şi interpretare a datelor observate în relațiile inter şi intraspecifice ale bioticului, între relațiile bioticului cu abioticul, între specia umană şi mediul înconjurător.

Probabil contestarea provine din faptul că, aşa cum scrie Nicholas Georgescu-Roegen, ***"Termenul «entropie»*** - unul din principiile de bază ale termodinamicii utilizat în cadrul analizelor respective – ***poate părea ezoteric"***.

Aşa cum s-a specificat anterior, termodinamica clasică se bazează pe două principii care au fost formulate în secolul trecut, prin generalizarea rezultatelor obținute în studiul maşinilor termice, dar care s-au dovedit fundamentale şi pentru materia vie, în relațiile dintre acestea şi în relațiile acestora cu mediul înconjurător.

Între sistemele vii şi mediul înconjurător se produce permanent un schimb de entropie. Căldura, pe care orice organism, atât animal cât şi vegetal, o degajă în mediu, reprezintă "deşeul" energetic al funcționării sale, apreciabil pe baza relației lui Clausius. În acelaşi timp, organismele chemo-organo-trofe elimină în exterior deşeurile materiale ale metabolismului, adică micromoleculele rezultate în procesele catabolice (de exemplu, CO_2), apreciabile prin relația lui Boltzmann. ***Faptul că aceste organisme preiau din exterior molecule organice mari, deci substanțe cu entropie joasă şi elimină substanțe micromoleculare, cu entropie ridicată, echivalează cu o degajare de entropie sau o preluare din mediu de entropie negativă sau, cum i se mai spune, negentropie***.

Degajarea de entropie înaltă în exterior de toate organismele înseamnă că biosfera, în totalitatea ei, preia din mediul fizic ambiant entropie negativă (desigur, în raport cu entropia proprie, nu cu entropia zero). Dar, dat fiind faptul că toate substanțele au o circulație ciclică, singurul schimb net pe care întreaga scoarță terestră şi, odată cu ea, biosfera îl au cu exteriorul, constă din absorbția radiației solare şi emisia în spațiul cosmic a propriei radiații termice a Pământului. Întrucât temperatura scoarței terestre nu variază în mod apreciabil (decât în intervale de timp de cu totul alt ordin de mărime decât viața organismelor) este evident că Pământul emite în spațiul cosmic un flux de energie egal cu acela primit de la soare. Însă radiația incidentă diferă de cea emisă în ceea ce priveşte

compoziția spectrală, căci radiația solară conține predominant domeniul vizibil, cu maximul în jur de 500 nm, în timp ce radiația terestră este mai ales în infraroşu, având maximul de 11000 nm. Densitatea de lungimi de undă exprimă, pe baza legilor radiației termice, diferența dintre temperatura suprafeței Soarelui: $\mathbf{T_S \approx 6000\ K}$ şi suprafața Pământului: $\mathbf{T_P \approx 300\ K}$.

Max Plank[12] a stabilit că entropia radiației termice cu energie U emisă de un corp cu temperatura T este:

$$S = \left(\frac{4}{3}\right) \times \left(\frac{U}{T}\right)$$

deci pentru un flux de radiație solară (dU/dT) = $5{,}63.10^{24}$ J/an, cu temperatura T_S şi un eflux egal de radiație cu temperatura T_P este o degajare netă de entropie de către Pământ:

$$\frac{dS}{dT} = \left(\frac{4}{3}\right) \times \left(\frac{dU}{dT}\right) \times \left(\frac{1}{T_S} - \frac{1}{T_P}\right) = -2{,}38.10^{22}\ J/an$$

Expresia de mai sus reprezintă influxul de negentropie primit de scoarța terestră odată cu radiația solară. El compensează entropia produsă prin toate procesele ireversibile ce au loc pe Pământ (vânturi, curenți oceanici etc.) şi, în particular, producerea şi degajarea de entropie înaltă de către toată biosfera. Se poate deci spune că ***apariția şi structura acestei forme înalt organizate a unei părți din materia scoarței terestre este consecință*** – desigur, cea mai importantă – ***a trecerii energiei radiante de la Soarele fierbinte, la Pământul mai rece şi, de la acesta, la spațiul cosmic şi mai rece***.

Transformările de energie care au loc la nivelul întregii biosfere pot fi divizate în trei trepte principale:

1. Captarea energiei radiante a luminii solare şi scoaterea ei sub formă de energie chimică de către producătorii primari (plantele fotosintetizante), capabili să utilizeze energia radiantă pentru a sintetiza compuşi organici macromoleculari din moleculele mici, anorganice;

2. Eliberarea, în cadrul metabolismului energetic al heterotrofelor a energiei chimice din alimente şi înmagazinarea ei tot ca energie chimică, dar sub formă care să poată fi utilizată direct în diversele funcții, adică sinteza compuşilor macroergici în procesul folosirii oxidative,

3. Hidroliza compuşilor macroergici şi utilizarea energiei rezultate pentru efectuarea diferitelor forme de travaliu implicate de funcționarea organismelor.

Toate aceste etape sunt studiate din punctul de vedere al mecanismelor lor în cadrul bioenergeticii, dar, cel puțin unele din aspectele primelor două probleme sunt de interes direct pentru ecologie.

Radiațiile existente în spațiul cosmic, inclusiv cele emise de Soare, într-o descreştere continuă a lungimii de undă, de la unde lungi (cu lungimea

---

[12] Şerban Țițeica, *Termodinamica*, Editura Academiei, 1982

de undă de 10^5 cm) până la radiații cosmice (cu lungimea de undă de 10^{-2} cm.), pot constitui un registru foarte larg al emisiei. Din acestea ajung pe Pământ circa 10%, restul fiind reținute în centurile de radiații, în ionosferă şi ozonosferă, cunoscutele ecrane protectoare şi în acelaşi timp blindaje de natură electrică şi electromagnetică ale Pământului.

Conținutul în energie al radiațiilor se determină cu ajutorul expresiei:

$$E = h.\nu = h.(c/\lambda)$$

În care: **E** reprezintă energia unui foton, în ergi; **h** – constanta lui Planck a cărei valoare este dată de produsul $6{,}62.10^{-27}$ erg/s; **c** – viteza luminii, 3.10^5 km/s; ν - frecvența radiației, Hz; λ - lungimea de undă a radiației - cm. Din expresia de mai sus rezultă că între lungimea de undă şi energie există un raport invers proporțional. Cu cât scade lungimea de undă, cu atât creşte energia radiației. Radiațiile infraroşii şi roşii sunt mult mai sărace în energie decât radiațiile violete şi ultraviolete, ceea ce rezultă şi din efectul nociv al acestor din urmă radiații asupra biosferei.

Fluxul de energie radiantă solară are la bază consumul zilnic de 460 miliarde tone de hidrogen. Din energia rezultată (460 mii de miliarde de miliarde kW/minut), Soarele inundă Pământul cu un flux energetic echivalent cu 10 miliarde kWh într-un minut. Din cantitatea de energie care ne vine de la Soare, la suprafața superioară a atmosferei terestre ajunge numai un procent foarte scăzut, cunoscut sub numele de ***constantă solară***, egală cu 1,91 calorii/cm^2 într-un minut, ceea ce reprezintă 5.10^{20} kcal/cm^2 anual.

Din totalul energiei solare numai un procent de 1÷1,5% este captat prin fotosinteză şi din acesta numai o parte este efectiv folosit. Totuşi, se obține anual un randament de aproximativ 80 miliarde tone substanță organică (în echivalent glucoză), ceea ce ar reprezenta acumularea unui milion de miliarde kWh de energie, ținând seama că pentru formarea unui mol de glucoză (180 g) este consumată şi se acumulează 686 000 de calorii. În sistemele vii, energia radiantă primită se transformă în energie chimică, iar aceasta este reținută, stocată, distribuită în ecosistem şi folosită ca energie potențială necesară în desfăşurarea fenomenelor de viață.

Eficiența fotosintezei se apreciază pe baza randamentului cuantic sau prin randamentul termodinamic.

Randamentul cuantic este definit prin numărul de molecule care reacționează sub impulsul unei singure cuante de lumină. Se cunoaşte că pentru a intra în reacție o moleculă de CO_2 sunt necesare 8÷10 cuante de lumină roşie, a căror energie este 320 kcal/mol, energie necesară şi folosită la formarea unei cantități de 1/6 moli (30 g) de glucoză. Energia a fost acumulată în glucoză (fenomen endotermic sau endergonic). Un mol de glucoză (180 g) are înmagazinată o energie chimică echivalentă cu 672 kcal, iar 1/6 mol glucoză conține 112 kcal. Folosind aceste date, se stabileşte randamentul energetic al fotosintezei, după relația:

$$112 : 320 = 35\%$$

Randamentul fotosintetic nu este egal în cloroplastele şi celulele verzi ale tuturor plantelor. Se afirmă că cel mai ridicat randament îl realizează algele şi

îndeosebi ***Chlorella***, ceea ce se şi are în vedere pentru organizarea cât mai rentabilă a producției sistematice de masă organică.

Randamentul fotosintetic este influențat de climă şi de caracterul vegetației.

În tabelul 5.3. este prezentată cantitatea de carbon fixată anual prin fotosinteză. Din tabel rezultă că aceeaşi cantitate de carbon este fixată anual pe sol şi ape, deşi, după alte date, intensitatea fotosintezei şi mărimea biomasei ce se formează în ape ar fi superioară celei ce se formează pe sol. După unele calcule, productivitatea anuală de masă organică a Terrei ar fi de aproximativ 400 miliarde de tone. Această valoare scăzută caracterizează nu atât randamentul de conversie a energiei în procesul fotosintezei, cât, mai ales, încadrarea biosferei în energetica "cosmică" a Terrei, întrucât din radiația incidentă la limita superioară a atmosferei o mare parte este absorbită de componenții atmosferei, ajungând la suprafața pământului ca radiații infraroşii inutilizabile în fotosinteză. Chiar din lumina ce a traversat atmosfera, o mare parte revine zonelor fără vegetație (calote polare de gheață, regiunile deşertului etc.), astfel încât pentru caracterizarea randamentului fotosintezei energia chimică stocată de hidrații de carbon trebuie să fie raportată la energia radiantă efectiv incidentă pe suprafața foliară a plantelor, a biomasei vegetale.

Tabelul 5.3

Cantitatea de carbon fixată anual prin fotosinteză

Regiunea	Suprafața, km^2	Carbon fixat, t/km^2	Total carbon fixat, t/an
Pădure	44.10^6	250	$11,0.10^9$
Culturi	27.10^6	149	$4,0.10^9$
Ierburi, păşuni	31.10^6	43	$1,3.10^9$
Deşert	47.10^6	7	$0,3.10^9$
Total sol	149.10^6		$16,6.10^9$
Total ape	361.10^6	47	$16,6.10^9$

În condiții ideale, o recoltă cu creştere rapidă poate stoca prin fotosinteză până la 7% din energia solară incidentă, dar randamentul mediu pe an este de numai 0,5÷1%. Deşi această valoare a randamentului fotosintezei este de peste zece ori mai mare decât eficiența "cosmică", valoarea este de zeci de ori mai mică decât randamentul ce poate fi atins în laborator. Astfel, dacă se iluminează direct cloroplaştii cu radiația roşie (λ = 680 nm) pentru care pigmenții clorofilieni prezintă maximum de absorbție, randamentul este de 34%.

În biomasa producătorilor sunt stabilite $4,75.10^{17}$ kcal/an/km^2. Combustia alimentelor pentru producerea energiei utilizabile în procesele biologice decurge după reguli bine stabilite, energia rezultată, din aceste procese de combustie a biomasei fiind stocată în legăturile pirofosforice din acidul adenozintrifosforc (ATP). Acesta este echivalentul energetic general utilizabil pentru desfăşurarea tuturor funcțiilor. Indiferent dacă se porneşte de

la proteine, glucide sau lipide, obținerea de ATP din metabolizarea biomasei decurge în trei etape:

1. descompunerea macromoleculelor în constituenții monomerici corespunzători (aminoacizi, monozaharide, acizi graşi):

2. transformarea acestor monomeri în acetil-coenzimă A sau α-cetoglutarat sau oxaloacetat;

3. oxidarea acestor compuşi în cadrul ciclului acizilor tricarboxilici din care rezultă CO_2 şi protonii care, împreună cu oxigenul, dau apa; energia acestei reacții exoderme este stocată în ATP, în procesul fosforilării oxidative.

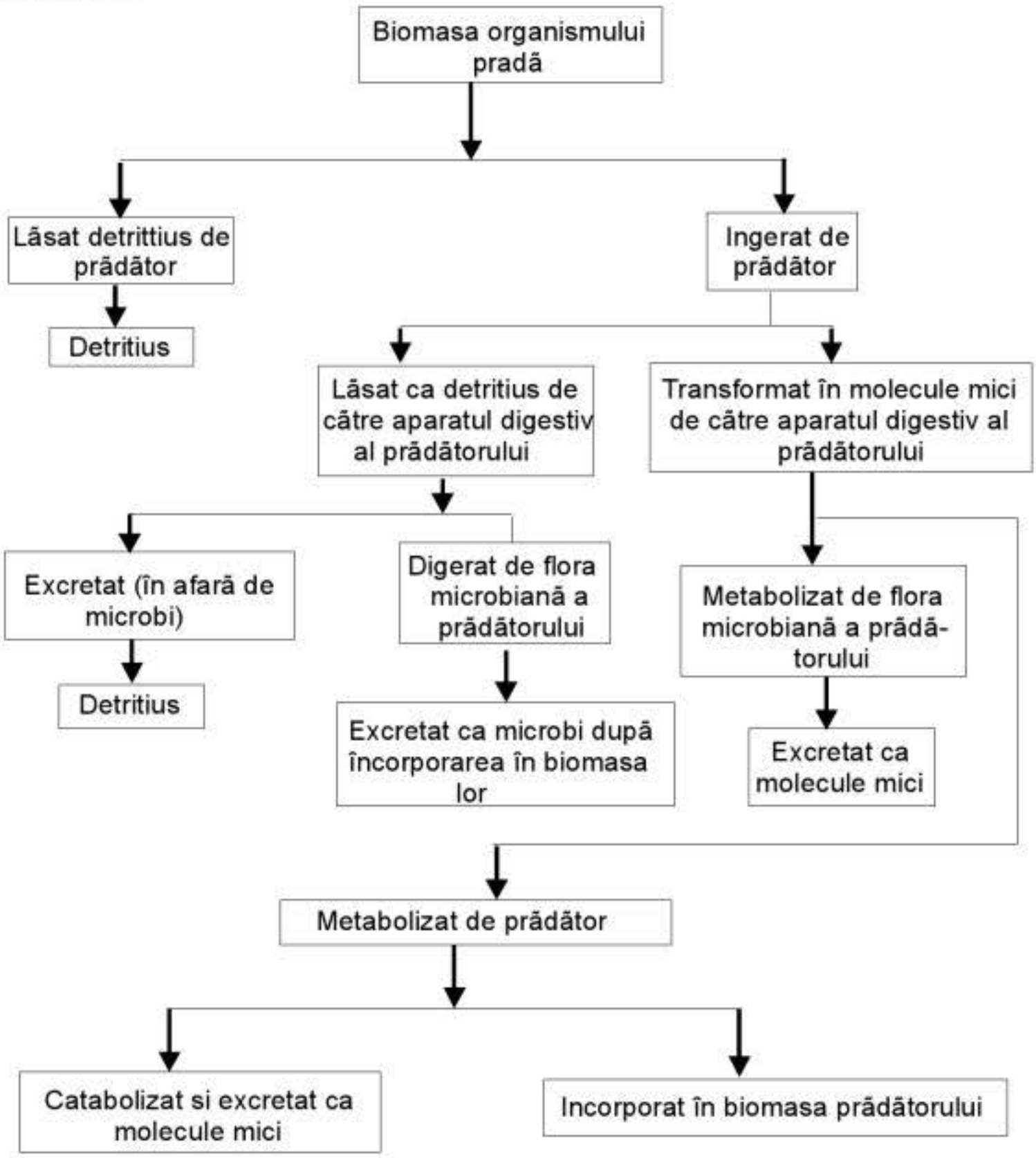


Fig.5.2. Transferul şi conversia de biomasa de la un nivel trofic la altul în sistemul pradă-prădător

Universalitatea acestui proces de reacții producătoare de energie, împreună cu universalitatea constituenților macro-moleculari, fac ca toate lanțurile trofice dintr-un ecosistem să aibă puncte comune, fiind interconectate într-o rețea trofică prin care circulă energia. Transferarea energiei de la pradă la prădător inaugurează un proces de migrați a energiei de la un nivel trofic la altul, figura 5.2.

Întrucât în tractul digestiv, al marii majorități a metazoarelor, se află microorganisme, în schema circulației energiei, le revine şi acestora un rol important.

Legea conservării energiei face ca, în fiecare etapă, cantitatea de energie intrată sub formă de energie chimică să iasă fie tot sub formă de energie chimică potențială (a biomasei sau a produşilor), fie ca travaliu de un tip oarecare, fie degradată de căldură (în virtutea principiului al doilea al termodinamici). Utilizarea de către prădător a biomasei prăzii implică descompunerea acesteia în constituenți monomerii, întrucât mecanismul general de eliberare a energiei în catabolism operează pe molecule mici, iar procesele de biosinteză din fiecare organism trec întotdeauna prin etapa monomerilor.

Energia chimică din alimente este mobilizată prin reacțiile metabolice oxidative ceea ce permite ca valoarea energetică a alimentelor să fie determinată prin măsurători calorimetrice care dau variația de entalpie.

Entalpia rezultată din combustia unei biomase oarecare depinde de compoziția acesteia, adică de proporțiile de proteine, lipide şi glucide existente în biomasa dată. Notăm cu $\mathbf{f_{prot}}$, $\mathbf{f_{lip}}$ şi $\mathbf{f_{gl}}$ fracțiunile corespunzătoare din aceste substanțe şi cu $\mathbf{\Delta H_{prot}}$, $\mathbf{\Delta H_{lip}}$ şi $\mathbf{\Delta H_{gl}}$ variațiile de entalpie la combustia unității de masă din respectivele substanțe sau căldurile de combustie izobară a câte 1 g de proteine, lipide şi respectiv glucide, toate în stare dezhidratată.

Întrucât suma fracțiunilor celor trei componente ale biomasei este 100%, aceasta implică:

$$\mathbf{f_{prot} + f_{lip} + f_{gl} = 1}$$

astfel că unul din aceşti coeficienți poate fi eliminat din formula variației de entalpie:

$$\mathbf{H = f_{prot}(\Delta H_{prot}) + f_{lip}(\Delta H_{lip}) + f_{gl}(\Delta H_{gl})} \qquad (5.1)$$

Făcându-se aproximări medii pentru proteine, lipide şi glucide provenite din tipuri diferite de biomasa atât vegetală, cât şi animală, se pot lua aproximativ:

$$\mathbf{\Delta H_{prot} = 23{,}1\ KJ/g;\ \ \Delta H_{lip} = 39{,}1\ KJ/g;\ \ \Delta H_{gl} = 17{,}2\ KJ/g}$$

Introducând aceste valori în relația (5.1) rezultă o formulă simplă, cu ajutorul căreia se poate calcula valoarea energetică a unei biomase oarecare, pe baza cunoaşterii compoziției ei. În afară de utilitatea practică în domeniul medical al nutriției, respectiva formulă are meritul că relevă

diferențele energetice între biomasa vegetală şi cea animală, adică schimbarea produsă prin trecerea biomasei producătorilor primari în biomasa consumatorilor.

Reprezentând grafic starea energetică a biomasei pe baza relației (5.1), luând în ordonată f_{lip}, iar în abscisă f_{prot}, liniile paralele exprimând compoziția pentru care valoarea energetică a biomasei este aceeaşi, se obține figura 5.3. Toate punctele de pe dreapta care uneşte $\mathbf{f_{lip} = 1}$, cu $\mathbf{f_{prot} = 1}$, corespund absenței complete a glucidelor. În vecinătatea acestei drepte se situează biomasa animalelor, al cărei conținut glucidic este foarte scăzut.

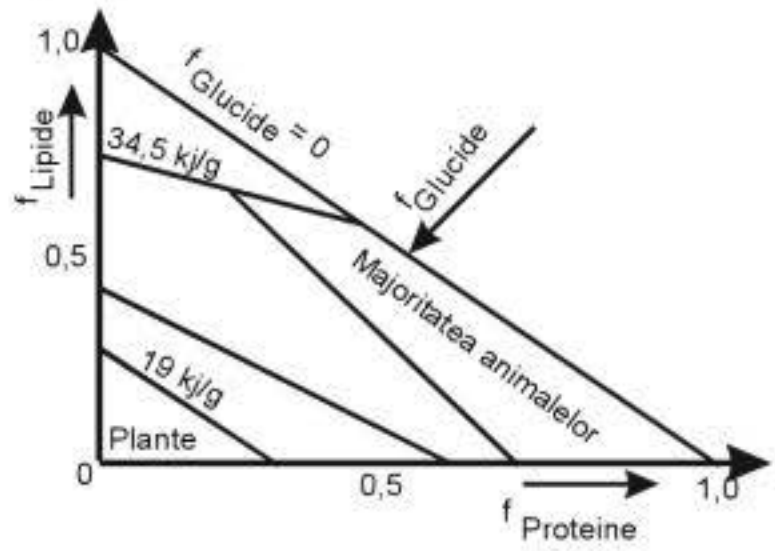


Fig.5.3. Dependența valorii energetice a biomasei de compoziția în lipide, proteine şi glucide, exprimată pe baza relației (5.1)

În figura 5.3 se observă că domeniul în care se situează plantele este net diferit față de cel al animalelor, ceea ce ilustrează superioritatea energetică a biomasei animale. Pe de altă parte, valorile energiei degajate la combustia biomasei reprezintă variația de energie la degradarea acesteia până la micromoleculele anorganice, ceea ce face ca ele nivelele ridicate ale energiei libere, la care se situează materia organică, în raport cu materia anorganică din care a provenit.

Energia rezultată în organismul prădător din utilizarea biomasei prăzii, serveşte în mare măsură pentru întreținere şi reînoirea organismului (metabolismul bazal), ca şi pentru diferitele sale activități (locomoție etc.), aşa încât numai o parte relativ mică este stocată în propria biomasa a prădătorului.

Relația (5.1) arată şi diferențele energetice dintre nivelele trofice, mai exact, dintre plante şi animale. După cum se poate observa în figura 5.3, domeniul în care este plasat nivelul producătorilor este net diferit de domeniul în care se situează animalele.

Întrucât, la rândul său, un prădător poate fi consumat de un prădător secundar, este clar că pe măsura avansării într-un lanț trofic disponibilitățile energetice devin din ce în ce mai mici. Omul, situându-se pe o treaptă superioară din acest punct de vedere, pe de o parte prin creşterea numerică a speciei, iar pe de altă parte prin diversificarea consumului alimentar şi nealimentar, devine un factor deosebit de destabilizator al mediului înconjurător, cu repercursiuni majore asupra acestuia.

Eficiența ecologică definită ca raportul dintre energia furnizată ca biomasa de către un nivel trofic nivelului superior şi energia masei consumate de acesta din nivelul trofic inferior s-a dovedit a fi în toate cazurile aproximativ 10%. Determinările de laborator ca şi analizele energetice ale

unui ecosistem natural şi anume izvoarele de la Silver Springs (Florida), au arătat relativa constanță a acestei valori, indiferent de tipul şi de numărul de specii din ecosistem. Acest fapt sugerează că eficiența ecologică depinde în cea mai mare măsură de caracteristicile metabolismului propriu al organismelor din respectivul nivel trofic, fapt dovedit de constatarea că, în ansamblu, homeotermele – care utilizează multă energie pentru menținerea temperaturii constante – au un randament mai scăzut de utilizare a hranei decât poichilotermele.

Reducerea de zece ori a energiei disponibile ca hrană la trecerea de la un nivel trofic la următorul se face ca cel mai adesea lanțurile trofice să cuprindă cel mult patru niveluri, un lanț cu cinci niveluri fiind o excepție. Lanțuri mai lungi nu există[13].

La analiza eficienței ecologice trebuie avut în vedere că mecanismul cel mai important de sinteză a materiei organice, în orice ecosistem, îl asigură plantele autotrofe. Productivitatea ecosistemelor este asigurată de condițiile optime sub care se desfăşoară fotosinteza şi se calculează pe două căi: raportat la cantitatea de materie organică produsă, pe unitatea de suprafață într-un an (g/m^2/an); sau raportat la energia potențială fixată (cal/m^2/an). S-a calculat o productivitate primară brută care este cantitatea de materie organică produsă într-un an, în unitatea de timp şi o productivitate primară netă, cantitatea de materie organică înmagazinată, disponibilă pentru consumatori, degradare sau consum de către saprofite. Între productivitatea primară brută şi cea netă apare o diferență ce reprezintă biomasa consumată de către producător, pentru nevoile lui proprii. Considerând că productivitatea primară brută a unei păduri de stejar sau de răşinoase ar fi de 2650 g/m^2/an şi că pentru nevoile proprii ale vegetației s-ar consuma 1450 g/m^2/an, rămâne o productivitate netă de 120 g/m^2/an. Dacă se consideră că din productivitatea primară brută ar mai consuma şi unele animale, 280 g/m^2/an, cum şi unele saprofite, circa 380 g/m^2/an, productivitatea netă ar fi de 540 g/m^2/an.

În condiții normale de dezvoltare, pădurile mature din zonele temperate dau o productivitate netă de 1200÷1500 g/m^2/an. Ținuturile mlăştinoase din zonele tropicale dau o productivitate netă de până la 3000 g/m^2/an, iar zonele de pustiu şi de tundră nu depăşesc 200 g/m^2/an.

Planctonul oceanic, cel mai bogat, se află în zona litorală, cu o productivitate netă de 200÷600 g/m^2/an, substanță uscată. Pe mila pătrată (2,59 km^2) de suprafață oceanică se pot obține 4000 tone de plante. În oceane, cea mai mare productivitate primară netă, determinată până în prezent, apare pe coastele Californiei, în zonele cu ierburi şi cu recifi coralieni.

Referindu-ne la vegetația cultivată, în zonele temperate, acestea asigură o productivitate primară netă de 200÷800 g/m^2/zi, iar porumbul hibrid până la 1000 g/m^2/zi.

În orice ecosistem se poate stabili un raport între biomasa producătorilor primari (plante) şi cea a consumatorilor de pe diferitele trepte

---

[13] Bogdan Stugren, *Ecologie teoretică*, Casa de Editură "SARMIS", Cluj-Napoca, 1994

ale lanțurilor trofice. Raportul dintre productivitatea a două nivele se numeşte, aşa cum s-a specificat anterior, ***eficiență ecologică***: între producătorii primari (plante) şi animalele fitofage acest raport este de 10 : 1. Acest raport creşte la animalele carnivore de ordinul I, II, III, ajungând la 1%÷0,1% şi chiar 0,01%. Numai referindu-ne la eficiența ecologică, este mai uşor de înțeles traiul împreună al erbivorelor din savanele africane (antilope, gazele, zebre etc.), în număr de ordinul miilor de exemplare, cu prădătorii ca lei, gheparzi ş.a. care se află într-un număr cu totul redus, un raport echilibrat pentru menținerea tuturor populațiilor din această bocenoză. Astfel de relații numerice între termenii sau componenții lanțurilor trofice se realizează în toate ecosistemele naturale.

Următorul exemplu sugerează randamentul energetic în trecerea de la stocarea energiei solare, prin producătorul primar, la om: pe un câmp agricol oarecare, lucerna foloseşte 0,24% din energia solară absorbită. Din această energie acumulată, 8% o folosesc vitele. Din energia depozitată în carnea vitelor consumate, omul foloseşte numai 0,7%. Eficiența ecologică este un parametru necesar în proiectarea fermelor zootehnice, în structura cărora, prin lucrări agrotehnice intensive, prin combaterea dăunătorilor etc., se poate îmbunătăți productivitatea primară, care determină apoi o creştere a consumatorilor.

Referindu-ne la o viitoare zootehnie oceanică, se preconizează o armonizare a eficienței ecologice cu eficiența economică. Pentru a atinge un astfel de scop este necesar să se apeleze la peşti sau alte vietăți comestibile care folosesc direct producția primară din prima verigă (fitofagi) sau detritofagi (crap chinezesc, crap european ş. a.). Nu va fi rentabilă cultura peştilor răpitori (calcan, ştiucă, ton, pălămidă ş. a.), pentru că ei folosesc abia al patrulea sau al cincilea nivel trofic. Pentru a produce o tonă de pălămidă sau de ton este necesară o cantitate de 10 000÷100 000 tone de vegetale marine. O specie de hamsie trebuie să consume 10 kg de iarbă (fitoplancton) pentru a atinge 1 kg; scrumbia albastră trebuie să mănânce 10 kg hamsii pentru a forma, la rândul ei, 1 kg de carne; pălămida trebuie să consume 10 kg scrumbii pentru a creşte în greutate cu numai 1 kg; în sfârşit, un ton trebuie să consume 10 kg de pălămidă pentru a pune pe el 1 kg de carne în plus. Deci 10x10x10x10 = 10 tone de fitoplancton pentru 1 kg de ton...

Din cele de mai sus rezultă că numărul de indivizi într-o bocenoză (biomasa şi energia) descreşte de la producători până la consumatori terțiari într-o scară impresionantă. Pentru menținerea unei biocenoze este necesară păstrarea unui raport bine determinat între specii şi populații, ceea ce se operează, în mod normal, de la sine, atât prin factori ai biotopului cât şi prin unele mecanisme proprii biocenozei.

Într-un ecosistem are loc şi o circulație a materiei, cunoscută sub termenul de ***ciclul biogeochimic***, în care elementele trec din sol în plante şi din acestea în animale. Prin funcțiile lor vitale şi prin moartea lor, organismele restituie solului sau apei elementele respective. În funcție de

rolul lor în organism şi de mobilitatea lor geochimică, elementele trec prin ecosistem cu o anumită viteză, numită ***rată a circulației*** care poate fi exprimată prin relația:

$$R = \frac{gh.T}{Q}$$

în care **R** este rata circulației; **gh** – cantitatea în grame dintr-un element care intră sau iese din ecosistem în timp de o oră; **T** – timpul în care intră sau iese din ecosistem întreaga cantitate a elementului respectiv din biomasa; **Q** – cantitatea de element aflătoare în biomasa ecosistemului (biomasa unui lac, a unui lan etc.).

Ciclul biogeochimic sugerează dependența şi condiționarea organismelor superioare de cele inferioare, adică de producători. Adesea producătorii primari sunt avizați la sprijinul simbiotic al unor microorganisme şi al bacteriilor fixatoare de azot. Interacțiunea dintre componenții unui ecosistem este constantă în timpul perioadei de vegetație şi are un caracter statistic; este şi ea un model al mişcării biologice.

De asemenea, în natură există un ***circuit geoenergetic***, dar plecând de la relația de echivalență dintre materie şi energie, $E = m.c^2$, se poate considera şi echivalența dintre ***circuitul geochimic*** şi ***circuitul geoenergetic***.

Toate organismele din oricare ecosistem îşi desfăşoară viața numai utilizând energia liberă pe care o convertesc în diferite forme de travaliu sau o depozitează în propria biomasa. Aceste transformări se asociază cu degradarea unei părți din energia liberă sub formă de căldură, adică cu producție de entropie. Forma primară de energie liberă disponibilă pentru întreaga biosferă este radiația electromagnetică din spectrul vizibil al luminii solare. Unica formă de transfer de energie între toate nivelurile trofice este energia chimică rezultată din fotosinteză. Fluxul de energie unidirecționat antrenează şi face posibile fluxurile ciclice ale diferitelor substanțe ca O_2, C, N, P, S etc.

5.5. Analiza termodinamică a evoluției ecosistemelor

Una din problemele importante ale ecologiei constă în descrierea şi explicarea evoluției în timp a ecosistemelor, a modificării caracteristicilor acestora, pe măsura desfăşurării studiilor succesive prin care trec. Termodinamica permite fundamentarea teoretică şi încadrarea datelor ecologiei într-un ansamblu de legi generale ale naturii şi în această problemă.

Primul principiu al termodinamicii afirmă echivalența cantitativă a diferitelor tipuri de travaliu (mecanic, caloric, chimic, electric etc.) definind un parametru de stare caracteristic oricărui sistem – energia sa internă (U), parametru care exprimă, în general, capacitatea sistemului de a efectua toate tipurile de acțiuni. Energia internă a unui sistem este un parametru de stare în sensul că valoarea sa este independentă de modalitatea în care sistemul

a ajuns în respectiva stare, astfel încât într-un sistem izolat, ce nu are schimburi cu exteriorul, energia se conservă. Mai concret, întrucât lucrul mecanic, electric, căldura etc sunt diferite forme de variație a energiei interne, în cursul oricăror procese care au loc într-un sistem izolat suma tuturor acestora este zero. Se produce deci numai o trecere dintr-o formă în alta a energiei interne, valoarea ei totală rămânând constantă. În mod evident, dacă sistemul nu este izolat, energia sa internă poate să crească sau să scadă, după sensul în care sunt schimbările sale cu exteriorul. Dacă se consideră numai procese de schimb de căldură $\Delta\mathbf{Q}$ şi de lucru mecanic $\Delta\mathbf{L}$, variația energiei sistemului va fi:

$$\Delta\mathbf{U} = \Delta\mathbf{Q} + \Delta\mathbf{L} \qquad (5.2)$$

Convenția uzuală este de a atribui acestor mărimi semnul (**+**) atunci când sistemul considerat primeşte energie (căldură sau lucru mecanic) din exterior şi semnul (-) atunci când cedează energie.

Al doilea principiu al termodinamicii generează constatarea practică a imposibilității ca o maşină termică să transforme integral o cantitate de căldură în lucru mecanic, randamentul de transformare fiind totdeauna subunitar. Acest ***al doilea principiu al termodinamicii demonstrează teoretic şi practic că nu există activitate sau produs nepoluant***. Afirmațiile în acest sens sunt ori de rea credință ori exprimă incapacitatea ştiințifică a celui care le face.

În timp ce lucrul mecanic se transformă totdeauna integral în căldură prin frecări, este imposibil ca o cantitate de căldură să fie convertită integral în lucru mecanic sau într-o altă formă de energie. Apare deci o neechivalență calitativă a diferitelor forme prin care poate varia energia unui sistem, căldura fiind o formă "degradată" de energie. Într-adevăr, căldura reprezintă energie de agitație dezordonată a atomilor şi moleculelor unui corp, în timp ce lucrul mecanic apare din mişcarea ordonată a unui ansamblu macroscopic de molecule.

Atunci când un sistem efectuează un lucru mecanic, micşorându-şi energia internă cu o cantitate $\Delta\mathbf{U}$, lucrul mecanic efectuat $\Delta\mathbf{L}$ este întotdeauna mai mic decât $\Delta\mathbf{U}$, întrucât o parte din energie internă trece în căldura $\Delta\mathbf{Q}$. Această "degradare" de energie este produsul dintre temperatura absolută **T** a sistemului şi creşterea **S** a unui parametru de stare numit entropia sistemului. Astfel, al doilea principiu al termodinamicii introduce un nou parametru ce caracterizează starea sistemului, ***entropia***, a cărui particularitate este că creşte prin orice proces spontan. Dacă sistemul este izolat entropia creşte în timp, evoluția sistemului este către starea de entropie maximă, în care toată energia internă a sistemului este către starea de entropie maximă, în care toată energia internă a fost degradată la căldură, nemaiputând fi convertită într-o formă de lucru mecanic util.

Din cele de mai sus rezultă că din energia internă a unui sistem poate fi convertită în travaliu numai o parte:

$$F = U - T.S \qquad (5.3)$$

În care **F** este energia liberă a sistemului şi ea exprimă capacitatea reală a acestuia de a efectua diferite acțiuni. În sistemele izolate, creşterea entropiei implică în mod evident scăderea energiei libere. Produsul **T.S** reprezintă energia legată, adică acea parte a energiei interne a sistemului care nu este capabilă pentru efectuarea de travaliu.

Elaborarea unor modele matematice pentru studiul ecosistemelor, având la bază principiile termodinamici liniare sau neliniare urmăreşte stabilirea relațiilor cantitative ale parametrilor unui ecosistem în vederea găsirii unor modalități de exploatare fără a deregla echilibrul ecologic, gradul său de stabilitate. Dar ***"Echilibrul pe care-l căutăm nu este nemişcarea, ci acela care face mişcarea regulată. Nemişcarea înseamnă moarte, numai mişcarea este viață. Acest echilibru motor este cel al naturii însăşi"***[14].

Acum, după ce am făcut diverse precizări privind necesitatea abordării termodinamice a problemelor de economia mediului, putem trage unele concluzii globale în această chestiune.

1. Pentru problemele de economia mediului, termodinamica este un instrument de lucru, o metodologie adecvată, care permite abordarea ştiințifică profundă a acestor aspecte, cu economie de volum şi spațiu în ceea ce priveşte interpretarea scrisă sau verbală a problemelor respective. Evident, fiind o metodologie de lucru, cu aspect teoretic, confirmă ceea ce scria Nicolas Georgescu-Roegen că ***"unica rațiune de a fi a teoriei este economia de gândire, iar această economie reclamă exact inversul; o suprastructură imensă care să se sprijine pe o temelie minusculă"***[15]. Iar Ilya Prigogine scria: ***"Ştiința ocupă poziția singulară de ascultare poetică a naturii"***[16]. La rândul său, Edgar Morin spunea: ***"...articularea cunoaşterii omului la cunoaşterea biologică şi a acesteia la cunoaşterea fizico-chimică nu semnifică în sine reducerea umanului la biologie şi a viului la fizico-chimic; ci din contră, complexificarea acestor cunoaşteri.*** De asemenea, ...***ancorarea producției de cunoaştere ştiințifică în producția culturală nu echivalează cu reducerea ştiinței la ideologie; dimpotrivă, ea semnifică dobândirea unei viziuni mai complexe asupra cunoaşterii ştiințifice şi înțelegerea ei ca având o dublă rădăcină, una inerentă praxisului istorico-social şi alta inerentă realității empirice. Viziunea noastră ştiințifică asupra lumii este mutilată dacă nu include observatorul-conceptor şi, o dată cu el, nu numai «idiosincraziile» sale, ci şi cultura sa, istoria sa"***[17].

---

[14] Edgar Morin, *Convorbiri cu Le Monde. Întrebări la sfârşit de mileniu*, Ed. Humanitas, Bucureşti, 1992, p.32-40

[15] Nicolas Georgescu-Roegen, *Legea entropiei şi procesul economic*, Ed. Politică, Busureşti, 1979

[16] Ilya Progogine, *Introduction a la thermodynamique des processus ireversibiles*, Dunod, Paris, 1968

[17] Edgar Morin, *La Methode*, vol. I şi II, Seuil, Paris, 1977, 1980

În îndeplinirea acestor obiective ale ştiinţei, un rol important îl ocupă transferul de cunoştinţe dintr-un domeniu ştiinţific în altul cu rol de instrument de lucru. În cazul de faţă, acest instrument este asigurat de principiile termodinamicii.

2. Folosirea acestui instrument de lucru confirmă şi ceea ce scria Alfred Kastler: ***"Sunt convins că taina vieţii poate fi înţeleasă plecând de la legile fizicii, dar cu condiţia să gândeşti aceste legi în totalitatea lor şi să introduci şi în biologie concepţia de complementaritate"***[18].

Vom discuta, spre exemplu, conceptul de entropie pentru biosisteme: $\mathbf{dS = d_eS + d_iS}$. Ce înseamnă $\mathbf{d_eS = 0}$ **?** Aceasta înseamnă că:

a. Un biosistem, la încetarea schimbului entropic cu mediul înconjurător (inclusiv respiraţia), încetează de a mai trăi, se întrerupe şi viaţa lui;

b. Existenţa în organismele vii a unei structuri complexe, superioare, rezultă din faptul că se creează o diferenţă deosebită între structura organismului viu şi mediul înconjurător, justificată prin degradarea cu o viteză foarte mare a organismului după dispariţia vieţii din acesta, adică dispariţia absorbţiei de entropie joasă din mediul exterior ($\mathbf{d_eS = 0}$).

Viteza de degradare a organismelor din specii diferite a bioticului, în aceleaşi condiţii de menţinere după dispariţia vieţii din acestea, confirmă şi variaţia structurală a speciilor respective. De aici rezultă şi recomandările specifice de temperatură şi durată de congelare a diferitelor produse, din carne în special, dar şi a altor alimente.

3. Cel de al treilea principiu al termodinamicii este confirmat de încetarea vitezei de degradare a structurii organismelor fără viaţă, odată cu scăderea temperaturii lor. Pe acest principiu se bazează conservarea prin congelare a alimentelor şi temperaturii diferite de congelare pentru diferite alimente, cu structuri de complexitate diferită. Faptul că nu se ajunge la temperatura zero absolut conduce şi la constatarea că conservarea alimentelor nu se poate face pentru un timp nelimitat.

Principiul al doilea al termodinamicii introduce conceptul de evoluţie unidirecţională a unui sistem în cursul timpului, ceea ce echivalează cu o evoluţie ireversibilă. Entropia, ca funcţie termodinamică ce exprimă principiul al doilea, este o măsură a dezorganizării progresive a unui sistem. În cazul biosistemelor, organizarea se referă atât funcţional, cât şi structural. De aceea, se mai fac unele speculaţii precum că ele se sustrag principiului al doilea al termodinamicii. Lucrările lui Ilya Prigogine, pentru care a şi primit Premiul Nobel, clarifică această situaţie prin introducerea conceptului de ***sisteme disipative*** şi scindarea entropiei totale prin flux entropic în impact cu mediul înconjurător al biosistemelor ($\mathbf{d_eS}$) şi flux entropic intern al biosistemelor ($\mathbf{d_iS}$). Se mai face referiri la afirmaţia că: ***"sistemele biologice sunt sisteme deschise informaţional care, datorită modului lor de organizare, au capacitate de autoconservare, autoreproducere, autoreglare a propriilor stări şi de autodezvoltare de la forme simple spre cele complexe de organizare; ele au un comportament antientropic şi finalizat care le***

---

[18] Alfer Kastler, *Această stranie materie*, Ed. Politică, Bucureşti, 1982

asigură stabilitatea în relațiile lor cu alte sisteme"[19], îndeosebi la "***comportament antientropic"***, însă trebuie avut în vedere că aceste afirmații s-au făcut înainte de primirea Premiului Nobel de către Ilya Prigogine. Necesitatea schimbării punctelor de vedere în aprecierea entropică a biosistemelor se impune de la sine. Însă, Edgar Morin[20] consideră că la aprecierea biosistemelor trebuie avut în vedere ***hipercomplexitatea*** lor, ori: ***"Un sistem hipercomplex este un sistem mai puțin condiționat şi mai mult organizat, mai cu seamă în ce priveşte capacitățile sale de adaptare. El e, prin urmare, spre deosebire de un sistem mai simplu, slab ierarhizat, slab specializat, nu este strict centralizat, dar în schimb este mai puternic dominat de competențe strategice şi euristice, mai dependent de intercomunicații şi, din toate aceste cauze, mai expus dezordinii, «zgomotului», «erorii»"***. Această hipercomplexitate a biosistemelor şi mai ales a organismelor umane, conduc uneori la erori de apreciere a capacității acestuia de adaptare la supraviețuire.

Trebuie reținut însă că, la analiza ecosistemelor, principiile termodinamicii nu reprezintă singura metodă de abordare a conexiunilor ce se creează între elementele constitutive ale acestora.

5.6. Om – tehnică – mediu

Nichifor Crainic scria: ***"Dezvoltarea monstruoasă a industrialismului modern a creat un mod de viață artificial, care nu corespunde nici vechiului concept de civilizație şi nici culturii. În industrialism, omul e victima excesului de tehnică mecanică. Atmosfera dură şi metalică îl depărtează deopotrivă şi de natură şi de cultură şi-i împrumută o armură de sălbăticie, ce ne dă dreptul să vorbim de o civilizație care rebarbarizează.... Experiența imediată ne arată o prăvălire pe povârnişul distrugerii, întrucât binefacerile tehnicii sunt mult inferioare dezechilibrului general, pe care îl provoacă, şi monstruosului cortegiu de rele pe care îl conține"***[21].

În epoca contemporană, mai mult decât în etapele anterioare, şi chiar de 1940 când Nichifor Crainic scria rândurile de mai sus, efectele contradictorii ale ştiinței şi tehnologiei s-au amplificat, fiind din ce în ce mai vizibile. Atât ştiința, cât şi tehnologia, au, pe lângă numeroasele efecte pozitive care servesc progresului, mersului înainte al societății umane, şi unele efecte negative. Un exemplu evident îl constituie descoperirea fisiunii şi fuziunii nucleare, care au constituit o mare realizare a ştiinței. Dar, mulți oameni de ştiință consideră că ele nu au adus omului o autoritate mai mare asupra naturii, ci au dovedit cât de neajutorat şi, uneori, cât de iresponsabil

---

[19] Botnariuc Nicolae, *Organizarea şi evoluția materiei vii*, Ed. Ştiințifică, Bucureşti, 1967

[20] Edgar Morin, *La Methode*, vol. I şi II, Seuil, Paris, 1977, 1980

[21] Nichifor Crainic, *Nostalgia Paradisului,* Ed. Cugetarea – Georgescu Delafras, Bucureşti, 1940, p. 34

poate deveni el, când încearcă să manipuleze forțele naturii. Din momentul acestei descoperiri, în opinia multor specialişti, se consideră că a apărut un divorț general al vieții omului de celelalte fenomene ale naturii.

Această problemă a fost însă dramatizată mult întrucât, de cele mai multe ori, orice mare realizare a ştiinței, orice victorie a cunoaşterii umane a fost considerată implicit o "victorie" asupra naturii. De aici şi până la a considera ştiința şi tehnologia ca "instrument" ce-l poate ajuta să domine natura nu a fost decât un pas. Însă, tocmai progresul ştiințific a condus la înțelegerea faptului că este mai corect să se vorbească de spijinul pe care-l dă ştiința şi tehnologia pentru mai buna integrare a omului în mediul său şi nu pentru dominarea şi exploatarea acestuia.

În fața realității fenomenelor sociale ale lumii de azi nu este nevoie de un efort prea mare pentru a observa că ştiința şi tehnologia nu corespund întotdeauna, în mod automat, exigențelor economice sau aspirațiilor social-umane. Există multiple exemple care pun în evidență că unele tehnologii noi se dovedesc, cu timpul, fie prea puțin economice, fie cu consecințe nedorite pe plan ecologic, social sau individual.

Se poate spune, simplificând oarecum realitățile, că ştiința şi tehnologia au evoluat în dublu sens: atât la descoperirea ştiințifică şi tehnologică, spre găsirea utilității sociale pe care ar putea s-o satisfacă, cât şi de la cerința socială care solicită răspunsuri şi contribuții specifice precise din partea ştiinței şi tehnologiei pentru rezolvarea unor probleme sau satisfacerea unor nevoi. Pe de altă parte, se observă că ele au fost stimulate şi uneori direcționate, în mare măsură, pe două rațiuni: cea economică şi cea militară. Numeroase descoperiri, invenții şi tehnici rafinate, au apărut de-a lungul istoriei determinate de nevoi militare şi abia apoi unele din ele au fost adaptate la nevoile civile, economice sau sociale. Când stimulul a fost economic mobilul l-a constituit, cel mai adesea, obținerea unui profit cât mai mare, de cele mai multe ori fără a se ține seama de efectele negative colaterale, de ordin ecologic, social-uman, valoric etc. Aceste fenomene sunt relevante pentru a aprecia de ce ştiința şi tehnologia, ca şi economia şi dezvoltarea socială, evoluează deseori în mod contradictoriu şi de multe ori chiar conflictual. Un exemplu mult discutat, de largă audiență, este cel al automobilului. Se afirmă astfel că dacă s-ar fi avut în vedere din capul locului că în SUA sunt uciși anual peste 50 000 de oameni datorită automobilului, că peste 2 000 000 de oameni sunt accidentați anual – din care circa 100 000 rămân infirmi, că se produc pagube materiale în valoare de circa 20 miliarde de dolari anual şi multe alte efecte negative de poluare, consum de carburant, cimitire de maşini stricate, pierderea de pământ agricol pentru numeroase autostrăzi etc., probabil că nu s-ar fi optat pentru un asemenea mijloc de transport.

Se risipesc în laboratoare sume uriaşe şi imense eforturi umane şi de creativitate ştiințifică şi tehnologică pentru a construi avioane, rachete sau sisteme cosmice de "apărare" tot mai complexe, sub lozincile "descurajării adversarului", "echilibrului de forțe" sau "apărării strategice".

Aspectele implicate de evoluțiile științei şi tehnologiei, indiferent de domeniul în care se manifestă, fie el civil sau militar, sunt mult mai complexe decât apar la prima vedere, mai ales dacă ținem seama că ele determină, de regulă, şi schimbări sociale de mai mică sau mai mare anvergură.

Ştiința şi tehnologia nu constituie variabile independente sau oricum n-ar trebui să fie considerate ca având o deplină autonomie față de societate. Fără a respinge unele spontaneități în procesele inovaționale, nu se poate ține seama de necesitățile constructive sau distructive pe care le urmăreşte finanțarea unor asemenea, acțiuni. De aceea, societatea, indiferent de natura ei sau de mijloacele şi pârghiile pe care le foloseşte, nu renunță total la orice fel de control, direcționare, stimulare sau inhibare a evoluțiilor din domeniul ştiințific şi tehnologic. Dacă am considera ca valabilă independența ştiinței şi tehnologiei, ar trebui să acceptăm că societatea este constrânsă să accepte efectele negative pe care le aduc cu sine unele tehnologii atât în plan economic, cât şi social, ecologic, cultural, al sistemului de valori, fără a încerca în nici un fel unele corective, urmând doar ca ea să se adapteze la ele.

Eliberarea de "mitul tehnologic" presupune înțelegerea faptului că ştiința şi tehnologia nu reprezintă scopuri în sine, ci doar mijloace – este, evident, foarte important – în sprijinul social-uman. Acest fapt nu implică acceptarea automată, fără rezerve, a concepției care situează ştiința şi tehnologia pe o poziție pur normativă. Ştiinței şi tehnologiei nu le pot fi negate orice mişcări autonome şi aceasta inclusiv în domeniul militar.

De multe ori, în loc ca ştiința şi tehnologia să fie instrumente ale unei dezvoltări armonioase şi sigure, ele devin un factor de risc, de pericol social-uman. De asemenea, au început să fie vizibile imensele riscuri pe care le aduce cu sine tendința de a transforma ştiința şi tehnologia într-un factor de putere şi dominație. Se urmăreşte tot mai mult ca urcuşul ştiințific şi tehnologic să fie exploatat nu numai în scopuri economice, ci şi politico-militare. Apar astfel efecte contradictorii ale ştiinței şi tehnologiei bazate pe o nouă alianță ce se conturează între oamenii de ştiință şi militari. Noile evoluții au adus în actualitate şi dezbaterea unor probleme esențiale, cu un conținut nu numai economic, ci şi de altă mare anvergură privind relațiile: ***ştiință – tehnologie – mediu; ştiință – tehnologie – societate; om – tehnică – mediu; ştiință şi cultură; ştiință – cultură – civilizație***.

5.7. Progresul tehnic şi mediul de viață uman

În prima jumătate a secolului al XX-lea, două procese majore au fost puse în evidență, în cadrul transformării societății umane: ***urbanizarea*** şi ***industrializarea***.

Dând dimensiuni noi tendinței mult mai vechi de concentrare urbană, revoluția industrială a transformat radical producția şi probabilitățile de acțiune a oamenilor asupra lumii materiale. În acelaşi timp, ea a determinat o centralizare şi o concentrare a mijloacelor de muncă în oraşe din ce în ce mai mari. Migrațiile

umane, orientate de noile forme de economie, duceau la hipertrofia necontrolabilă a megapolisurilor. Încă din această epocă bucuria expansiunii a fost întunecată de o nouă formă de neliniște.

Dup cel de al doilea război mondial, a apărut un al treilea proces de transformări rapide ale condițiilor de viață, legat de dezvoltarea noilor tehnici de procesare a informației. Industria, cercetarea științifică, administrația, însuşi aparatul guvernamental sunt transformate prin utilizarea informaticii.

Toate aceste transformări cu caracter general, pentru natură şi societate, au fost determinate de progresul tehnic. Putem spune deci că ***progresul tehnic este esențialmente o manifestare a puterii umane, o ocazie pentru om de a se admira pe el însuşi, de a practica acea autolatrie ce tinde din ce în ce mai mult să devină religia societății industriale***. Dar, deşi progresul tehnic s-a accentuat, s-a accelerat tot mai mult şi cererea de consum care tinde să-l depăşească, de unde presiunea inflaționistă. Însă, trebuie văzut şi ce forme succesive îmbracă consumul şi ce sentimente sunt asociate acestor forme.

Prima mare industrie modernă, cea a bumbacului, este asociată, istoric şi psihologic, cu tendința populară de egalitate. Înainte de apariția industriei bumbacului, lenjeria de bumbac, lenjeria de corp, era un apanaj al claselor bogate, clasele sărace nu purtau lenjerie; industria bumbacului a şters această deosebire, ea a adus satisfacții morale în aceeaşi măsură cu plăcerea fizică.

Artizanal ***la începuturilor sale, automobilul a fost construit pentru cei bogați***, clienți tradiționali ai artizanatului. Acestor oameni bogați, care foloseau din cele mai vechi timpuri calul, această industrie le-a creat un supracal; ***dar când automobilul a devenit mare industrie, el a însemnat un supracal şi pentru clasele car altădată nu dispuneau de cal***.

Marea revoluție socială a timpului nostru a fost provocată de automobilul popular. Secole de-a rândul bogătaşul vorbise săracului de la înălțimea calului şi lucrurile nu puteau sta altfel, calul fiind relativ rar, fiind greu de întreținut. Automobilele devenind abundente, bogatul şi săracul se află la acelaşi nivel, fiecare la volanul maşinii sale. Şi săracul a câştigat o capacitate de mişcare mult dincolo de cea care aparține bogaților de altă dată. Aici "plafonul" civilizațiilor vechi a fost "străpuns" în modul cel mai vizibil.

În legătură cu automobilul, nu este lipsit de interes să remarcăm că acest aport de putere şi egalitate adus claselor neconducătoare nu este rodul unor "cereri" la care să fi răspuns industria. El este rodul unui progres tehnic izvorât ca urmare primului război mondial. Înainte de 1914, automobilul era încă artizanal, produs de lux, destinat unei clientele puțin numeroase; fabricarea în serie a tancului a creat mijloacele de a fabrica apoi automobilul popular. Exemplul unui progres tehnic stimulat de război, de care ulterior a profitat consumul, este departe de a fi excepțional.

Scuterul fabricat după cel de al doilea război mondial a căpătat mare avânt în Italia, ocupând uzine şi muncitori folosiți anterior la fabricația avioanelor militare; se poate remarca că ***scuterul a însemnat un aport de***

putere şi egalitate pentru tineret, care a obținut prin acest instrument o independență practică față de părinți.

De asemenea, este un fapt bine cunoscut că ***dezvoltarea aviației de transport a urmat dezvoltării construcției militare de avioane*** în cele două mari războaie.

Trebuie remarcat, în acelaşi timp, că ***avântul prodigios al echipamentului de uz casnic este şi el un subprodus al tehnicilor şi utilajelor de război***; ori, ***acest echipament a provocat o adevărată schimbare a condiției femeii***.

Dar, trebuie observat că ***automobilul, scuterul, echipamentul de uz casnic etc., sunt, pe lângă produse agreabile, comode, şi factori de transformare a raporturilor sociale; aceste obiecte sunt oarecum purtători fizici ai unor tendințe sociale***. Însă, progresul tehnic are drept efect remedierea unei inferiorități în societate, motorul lor se află mai curând în orgoliul omului, în trăsătura morală a acestuia.

Dacă se încearcă a se arunca o privire sumară, dar cuprinzătoare, asupra progresului tehnic al popoarelor europene, mai ales de la sfârşitul evului mediu încoace, ceea ce apare cu duritate este creşterea puterii umane. Ea este deosebit de sesizabilă sub aspectul transportului şi al utilizării casnice a energiei electrice; în primul rând, omul a putut traversa oceanul; în al doilea rând, el a putut să transporte sarcini enorme de-a lungul continentelor; în al treilea rând, el a putut să se ridice şi să voiajeze prin aer; în al patrulea rând, el s-a putut aventura şi în afara atmosferei terestre. Dacă ar exista statistici mai veci, s-ar putea oferi un indiciu parțial al progresului tehnic în transporturi, compus din numărul de tone-kilometru transportați, evidentă fiind creşterea vitezei de transport şi a mase transportate cu un mijloc tehnic adecvat. În ce priveşte utilizarea casnică a curentului electric, să ne amintim că numai cu o sută de ani în urmă oamenii lucrau noaptea tot la lumina opaițului ca şi acum două mii de ani; Kant îşi scria operele aproape în acelaşi condiții ca şi Platon.

Dar care a fost motivația omului în preocuparea pentru progresul tehnic ? Mulți spun că bunăstarea a fost mobilul principal. Dar, există şi multe voci competente care afirmă că dorința dezvoltării puterii sale l-a preocupat pe om în primul rând şi bunăstarea crescândă a fost doar un subprodus, un derivat secundar al puterii. Există motive puternice pentru a da credibilitate acestei ipoteze. Cei care în secolul al XV-lea au perfecționat, au mânuit sau au comandat caravela, niciodată nu aveau în vedere o mai mare bunăstare a populațiilor. Acelaşi lucru este valabil şi pentru cei care în zilele noastre perfecționează, pun la punct sau comanditează vehicule interplanetare. Dorința de progres tehnic are aceeaşi sursă cu dorința de dominare, fiind o manifestare a spiritului de cucerire.

Se observă aşadar cât de complexă este analiza progresului tehnic, care nu se poate face decât în contextul general, în corelație cu toate problemele sociale de ansamblu şi care constituie obiect de studiu pentru o serie de discipline din domeniul ecologiei fizice, ecologiei spirituale, etologiei, sociologiei,

psihologiei şi altele. De aici rezultă deci complexitatea conceptului de economie a mediului, inginerie a mediului sau ecologie globală.

5.8. Exploatarea intensivă a mediului

Istoria omenirii înregistrează cel puțin două mari revoluții care marchează exploatarea intensivă a mediului natural şi deci direcționarea evenimentelor perturbatoare în ecosferă ca sistem cibernetic, cu capacitate de autoreglare.

O primă revoluție a avut loc în perioada neolitică, care a transformat pe om din vânător şi simplu culegător, în cultivator de plante şi produse agricole şi crescător de animale.

A doua mare revoluție în exploatarea intensivă a mediului a avut loc în secolul al XIX-lea, odată cu revoluția industrială produsă în secolul respectiv. Aceasta a însemnat, pe de o parte, exploatarea mai intensivă a mediului în domeniul agricol propriu zis, iar pe de altă parte, în domeniul industrial, prin intensificarea utilizării pe scară largă a materiilor prime abiotice în domeniul industrial.

Obişnuit, se consideră că necesitatea exploatării intensive a mediului a fost dictată de condițiile asigurării unui progres continuu pentru creşterea calității vieții, sub aspect material.

Dar numai sub aspect material ? Iată ce scrie Mircea Eliade[22]: ***"Se obişnuieşte a se spune că descoperirea agriculturii a schimbat radical destinul omenirii, asigurându-i o hrană îmbelşugată şi îngăduind astfel o creştere prodigioasă a populației. Dar descoperirea agriculturii a avut consecințe decisive pentru cu totul alt motiv. Nu creşterea populației, nu supraalimentarea au decis soarta umanității, ci teoria pe care a elaborat-o omul descoperind agricultura. Ceea ce a văzut el în cereale, ceea ce a învățat el din acest contact, ceea ce a înțeles din exemplul semințelor care-şi pierd forma sub pământ, acestea toate au constituit lecția decisivă. Agricultura a relevat omului unitatea fundamentală a vieții organice; analogia femeie-ogor, act generator-însămânțare etc., ca şi cele mai importante sinteze mintale s-au ivit din această revelație; viața ritmică, moartea privită ca regresiune etc. Aceste sinteze mintale au fost esențiale pentru evoluția umanității şi ele nu au fost posibile decât după descoperirea agriculturii"***.

Dar numai descoperirea agriculturii ? Nu ! Referindu-se şi la alte aspecte materiale ale descoperirilor umane, cu altă ocazie, Mircea Eliade[23] scrie: ***"...marile descoperiri – metalurgia, agricultura, calendarul, «legea» etc. – au modificat simțitor condiția umană. Nu s-a înțeles însă dinamica intimă a acestei modificări şi implicațiile sale cosmice. Într-adevăr, prin fiecare nouă descoperire fundamentală, omul nu-şi lărgeşte numai sfera cunoaşterii empirice şi-şi reîmprospătează mijloacele de trai – ci***

---

[22] Mircea Eliade, *Tratat de istorie a religiilor*, Ed. Humanitas, Bucureşti, 1992, p.331
[23] Mircea Eliade, *Alchimie asiatică*, Ed. Humanitas, Bucureşti, 1991, p. 73, 117

descoperă un nou nivel cosmic, experimentează un alt ordin al realității. Nu descoperirea metalelor, ca atare, este faptul care a provocat saltul mintal – ci «prezența» metalelor, prin care omul descoperă un alt nivel cosmic, adică ia contact cu realități necunoscute sau rămase nesemnificative până atunci. Cu alte cuvinte, metalurgia – ca şi agricultura etc. – provoacă sinteze mintale care modifică radical condiția umană, modificându-i imaginea sa despre Cosmos". Şi mai departe: ***"...metalele schimbă firea omului, modificându-i condițiile de existență. Şi această modificare se împlineşte pe de o parte pentru că anulează starea paradiziacă (etapele culegătorilor de fructe şi semințe), creând o stare nouă – pe de altă parte pentru că însăşi prezența metalelor în societatea umană aduce cu sine nenumărate forțe magice necunoscute, aparținând altor niveluri cosmice şi jocul acestor forțe obscure (sacre sau demonice) revelează sufletului omenesc alte orizonturi şi îi îngăduie alte experiențe"***.

Necesitatea exploatării intensive a mediului a fost dictată de condițiile asigurării unui progres continuu, pentru creşterea continuă a calității vieții materiale şi spirituale.

Dar, cu toată exploatarea intensivă a mediului, până la mijlocul secolului al XIX-lea, toate reziduurile eliminate în mediul înconjurător, tot fluxul de entropie înaltă a fost anihilat, prin epurare naturală sau autoepurare, proces biologic, chimic şi fizic, care permite unui mediu poluat de substanțe organice sau anorganice să-şi recapete puritatea inițială fără intervenții externe, respectiv antropice. Microorganismele joacă un rol important în acest proces (bacterii, alge, ciuperci, protozoare) precum şi animale nevertebrate.

La mijlocul secolului al XX-lea însă, oamenii şi-au dat seama că datorită creşterii exorbitante a fluxului de entropie înaltă în mediul înconjurător acesta nu mai are capacitatea de autoepurare. Dar, încă nu se născuse responsabilitatea față de mediul înconjurător întrucât, în ecologie, încă se menținea accentul gândirii pe raporturile dintre lumea vie, pe orizontala speciei sau verticala speciilor, în concordanță cu ecologia tradițională (teoretică).

În anul 1950 se prezintă Preşedintelui SUA Hary Truman, primul raport ce viza consecințele exploatării intensive a mediului, cunoscut sub numele de ***Raportul Paley***, sau, mai exact, ***Raportul Comisiei instituite de Preşedintele Hary Truman şi prezidată de William S. Paley: A Raport to the President's Materials Policy Comision, 5 vol, Washington, 1962***.

Este normal ca aceste evaluări să fi apărut prima dată în SUA deoarece prelevările din natură sunt cu atât mai mari pe cap de locuitor, cu cât economia este mai avansată. Astfel, în cifre, ele erau evaluate, pentru Statele Unite, la aproximativ 16 tone pe locuitor şi pe an la nivelul anului 1950.

Însă, în timp ce aceste prelevări cresc în volum, partea din populația muncitoare ocupată direct cu aceste prelevări se reduce, datorită creşterii productivității muncii, ca urmare progresului tehnico-economic, astfel

încât zona de contact social – imediat între natură şi sistemul economic se restrânge.

A menționa că în 1950 viața americană comporta un "consum" de 16 tone de materii prime pe cap de locuitor şi pe an este o remarcă incompletă întrucât, în acelaşi timp, trebuie enunțat un eflux de acelaşi ordin. Din acest enorm influx de combustibili, alimente, produse chimice, cea mai mare parte se dejectează foarte rapid, se aruncă aproape imediat, în stări diferite din punct de vedere chimic, şi numai o mică parte se fixează în structuri care, ele însele, conform circuitului natural cunoscut, devin rebuturi. Astfel, viața modernă produce în aval o enormă deversare, un eflux solid de cutii de conserve şi maşini vechi, un eflux lichid de impurități de toate soiurile, un eflux volatil (gazos) de produse de combustie. La aceste efluxuri se adaugă presiunea exercitată asupra mediului a celor 16 tone pe cap de locuitor de rebuturi de extracție şi steril, îngrămădite în fiecare an în jurul minelor. În acest fel, alături de o viziune ce-l prezintă pe om drept creator al ordinii pe care o doreşte, trebuie pusă o alta: ***omul este sursa unei dezordini pe care nu a prevăzut-o***. Şi dacă judecăm din punct de vedere cantitativ, volumul transformărilor involuntare este cu mult mai mare decât cel al transformărilor voite.

Dacă avem în vedere şi faptul că în interdependența dintre speciile biotice şi dintre acestea şi mediul înconjurător a intervenit ca factor perturbator omul prin activitatea sa şi că această intervenție a omului a provocat o presiune foarte mare în ecosferă, avem răspunsul la originea cauzei fenomenului cunoscut sub numele de criza mediului înconjurător. Ea ne avertizează că trebuie să descoperim sursa acestei curse spre sinucidere şi să luăm măsuri de eliminare a pericolului respectiv.

Deteriorarea condițiilor de mediu este cauzată de acțiunile omului şi are efecte foarte grave asupra condiției umane. Criza ambientală este, aşadar, nu numai o problemă a ecologiei tradiționale (teoretice), ci şi una cu caracter social, care dă fundament logic apariției economiei mediului (ingineriei mediului, ecologiei globale) ca ştiință. Aceste fapte ale omului adaugă complexități intrinseci ecosferei prin complicațiile crescânde cauzate de activitatea umană concretizată prin: dinamica dezvoltării demografice; dezvoltarea ştiințelor care furnizează fondul de cunoştințe despre natură; dinamica dezvoltării tehnologiei care transformă aceste cunoştințe în acțiuni de ordin practic; producția industrială şi agricolă, prin care se extrag mari bogății din scoarța Pământului; dinamica relațiilor sociale; procesele sociale, culturale şi politice, care structurează relațiile interumane şi dă un anumit sens conviețuirii sociale etc. Se observă aşadar complexitatea abordării problemelor de fond ale economiei mediului. Complexitatea este accentuată de faptul că unii din aceşti factori au bucle de dezvoltare pozitivă, iar alții negativă şi, de asemenea, intensități de creştere sau scădere diferite (aleatoare) şi interacțiunii dintre factori.

Pentru înțelegerea logică a problemelor de conținut, ale noii ştiințe, este necesar să se înainteze cu considerațiile teoretice şi practice, plecându-se de la descoperirea modului în care activitățile umane depind de mediul înconjurător şi în care, la rândul lor, îl influențează.

Cheia înțelegerii acestei rețele de fenomene constă în găsirea felului în care fiecare componentă depinde de celelalte. De exemplu, în cazul ecosistemului acvatic se ştie că peştii depind de alge pentru obținerea hranei, producerea substanțelor nutritive anorganice depinde de deşeurile organice, iar algele depind, la rândul lor, de substanțele nutritive anorganice. Un asemenea ciclu de dependențe constituie o cale utilă de abordare a relației dintre oricare parte a sistemului şi comportamentul lui ca întreg. În mod similar se pot căuta şi găsi relații care să lege anumite activități umane de ecosistemul de care acestea depind şi pe care, la rândul lor, îl afectează.

Se va considera spre exemplu extragerea de către om a bogăției naturale din ecosistem. Dar, s-a constatat că, pe măsură ce se produc bunuri materiale, care apoi sunt folosite de om, populația creşte numeric. Există multe dovezi că un spor de bunuri materiale contribuie la reducerea mortalității, ceea ce, dacă nu scade concomitent şi natalitatea, duce la creşterea populației. ***"Căci prin înmulțirea populației se produc condițiile necesare muncii industriale şi dimpreună cu aceasta, a civilizației; şi cum deprinderile de muncă sunt la baza tipului de personalitate, înmulțirea populației produce astfel condițiile diferențierii şi perfecționării personalității însăşi. De ce natură este apoi rolul înmulțirii populației ? Este el de natură spirituală ? Nu. El este de natură biologică. Procreația este un fapt biologic la om ca şi la animal. Iată dar întregit circuitul corelației dintre evoluția naturii şi a personalității omeneşti cu toate verigile sale ! În evoluția naturii intră faptul înmulțirii populației omeneşti. Aceasta aduce după sine diferențierea muncii. Diferențierea muncii aduce după sine civilizația şi desăvârşirea personalității omeneşti prin diferențiere. La rândul său, personalitatea omenească, desăvârşită prin civilizație, condiționează înmulțirea populației. Căci populația omenească nu poate creşte decât sprijinită pe organizarea civilizației, adică prin perfecționarea personalității... Finalitatea din natură s-ar putea formula acum pe scurt în felul următor. Natura în evoluția sa, produce înmulțirea populației omeneşti, înmulțire care de altfel este legată nu numai de specia omenească, ci de toate speciile animale. Multe specii de animale, dacă n-ar fi oprite din cauza condițiilor mediului, s-ar înmulți în mod nemăsurat... Înmulțirea animalelor însă este oprită de condițiile lor de viață. Unele mor din cauza temperaturii, altele din cauza vegetației, etc. Numai omului îi este dat să-şi născocească el însuşi, prin perfecționarea inteligenței, mijloace de a-şi asigura înmulțirea speciei sale. Omul singur dintre toate viețuitoarele pământului are între posibilitățile înnăscute şi posibilitatea de a se apăra în contra condițiilor distrugătoare ale mediului... Aceea ce natura urmăreşte este la urma urmelor, expansiunea vieții pe pământ. Această expansiune însă este asigurată numai speciei umane, care prin practica muncii îşi poate crea un mediu de civilizație, pe când celelalte specii de animale sunt condamnate să lupte cu adversitatea mediului cosmic fără putința de a ocoli cauzele decimării lor... Expansiunea vieții ca lege a evoluției naturii îşi are asigurată o aplicare desăvârşită numai la viața omenirii şi numai întrucât această***

omenire este constituită din exemplare capabile de muncă diferențiată şi din ce în ce mai perfectă, adică din persoane dotate cu vocații"[24].

Am prezentat anterior dinamica creşterii populației globului. Trebuie însă avut în vedere şi faptul că o creşterea într-o dinamică şi mai accentuată s-a produs în numărul, varietatea şi utilitatea maşinilor, clădirilor, mijloacelor de transport şi ustensilelor de bucătărie, în numărul, varietatea şi bogăția intelectuală a operelor literare, picturilor, compozițiilor muzicale şi articolelor ştiințifice. Pământul trece nu numai printr-o "explozie" demografică, ci şi – lucru mult mai semnificativ – printr-o "explozie" a civilizației. Oamenii, creşterea lor numerică, constituie sursa acestei vaste şi complexe rețele de fenomene care alcătuiesc civilizația umană; noile cunoştințe despre natură, pe care ni le oferă ştiința, puterea tehnicii de a dirija forțele naturale, enorma sporire a bogăției materiale, marea amploare a proceselor economice, culturale, sociale şi politice.

Se consideră uneori că, această interacțiune care se desfăşoară tot mai rapid, între sporul de bogăție şi de competență tehnologică, pe de o parte şi creşterea populației, pe de altă parte, va declanşa neapărat "explozia" unei "bombe demografice" dacă nu se iau măsuri de control a natalității. De fapt există dovezi convingătoare că însăşi acest proces creează o contraforță care încetineşte considerabil creşterea demografică. Fenomenul cunoscut de specialişti sub numele de ***tranziție demografică*** s-a produs deja în majoritatea țărilor industrializate ale lumii. La început, în primele stadii ale revoluției agricole şi industriale din secolul al XVIII-lea, bogăția sporită a redus mortalitatea, astfel încât natalitatea rămânând neschimbată, populația a crescut rapid. Mai târziu, în secolul al XIX-lea, datorită ridicării în continuare a nivelului de trai, natalitatea a scăzut, iar creşterea demografică s-a încetinit.

Pământul şi ecosfera au o masă relativ fixă. Radiația solară, care pune în mişcare fenomenele ce se petrec în ecosferă, este, la scara cronologică a vieții umane, fixă sub raport cantitativ, dar scăzând treptat odată cu răcirea Soarelui, pe o perioadă de multe miliarde de ani. În plus, deoarece ecosfera este guvernată de procese ciclice, Pământul şi ecosfera trebuie să se afle într-o stare de echilibru. Realitatea esențială a naturii este aşadar, aceea că baza existenței umane, reprezentată de ecosferă şi de resursele minerale, e limitată ca dimensiuni şi ritm de activitate. Putem discuta dacă ecosfera, în starea ei naturală, preumană sau cea de acum, se găseşte aproape de limita ei intrinsecă, dar nu putem nega faptul că există o limită şi că funcționarea sistemului nu permite o creştere continuă la infinit.

Desigur, ***întrucât materia nu se distruge niciodată (primul principiu al termodinamicii), metalele extrase din minereuri rămân pe Pământ şi, în teorie, ar putea fi reutilizate. Totuşi, atunci când fierul, de pildă, este extras din Pământ sub formă de minereu concentrat şi este transformat în produse utile (cu entropie joasă) care mai târziu se***

---

[24] Constantin Rădulescu-Motru, *Revizuiri şi adăugiri. 1947*, Editura Floarea Darurilor, Bucureşti, 1998, p. 252-254

împrăştie prin ruginire (creşterea entropiei), pe toată faţa pământului, ceea ce se pierde definitiv este energia liberă potenţată în produsele utile (ea se transformă, în fond, cu timpul, în energie legată, evidenţiată prin creşterea entropiei materiei din care s-a realizat produsul util). Ori de câte ori un material se împrăştie dintr-o anumită stare de concentrare şi se amestecă cu alte substanţe, creşte acea proprietate pe care o desemnăm cu numele de entropie. Un spor de entropie implică totdeauna o pierdere de energie disponibilă. Lucrul acesta este poate mai uşor de sesizat raţionând în sens invers; orice organizare ordonată a unui material împrăştiat cere un adaus de energie liberă din care o parte se transformă în energie legată (entropie înaltă) din cauza randamentului subunitar de utilizare, iar o parte se potenţează sub formă de entropie joasă în produsul util. Întrucât folosirea unei substanţe metalice duce inevitabil la o anumită împrăştiere a materialului, chiar şi numai din cauza pierderilor prin uzare, disponibilitatea resursei respective tinde să scadă continuu, iar acest proces nu poate fi răsturnat decât prin cheltuire suplimentară de energie liberă, care şi ea, la rândul ei, este o resursă limitată.

Se ajunge în felul acesta la un paradox fundamental, ce caracterizează viaţa omului pe Pământ şi anume că ***civilizaţia umană implică o serie de procese ciclice interdependente, dintre care cele mai multe au o tendinţă intrinsecă de creştere, cu excepţia unuia – resursele naturale, absolut esenţiale şi de ne înlocuit, reprezentate de minerale şi de ecosferă. Tendinţa de creştere a acelor sectoare ale ciclului care depind de om şi limitele fixe ale sectorului natural este inevitabil. În mod evident, pentru ca activitatea umană pe Pământ – civilizaţia – să rămână în armonie cu întregul sistem şi să supravieţuiască , ea trebuie să se adapteze cerinţelor sectorului natural – ecosfera. Degradarea mediului este un semn că până acum omenirea n-a reuşit această adaptare indispensabilă***.

Există unele efluxuri distrugătoare pe care agenţii naturali le corectează de la sine; aceştia sunt apţi să digere toate deşeurile care rezultă din funcţiile biologice, dar nu şi pe cele care rezultă din funcţiile industriale, natura resoarbe exhalaţiile fiinţelor vii; ea digeră cadavrele animalelor, dar nu şi pe cele ale automobilelor. Şi cum în acest caz circuitele nu se închid de la sine, oamenii trebuie să-şi asigure această sarcină.

5.9. Progresul tehnic şi contradicţii socio-umane

Într-o prelegere ţinută de Herbert Marcuse[25](1898-1979) în cadrul unui ciclu de conferinţe organizat în toamna anului 1956, de universităţile din Franckfurt şi Heidelberg, cu ocazia centenarului naşterii lui Sigmund Freud, acesta distingea ***două tipuri principale ale conceptului de progres*** ce caracterizează perioada modernă a culturii occidentale. Pe de o parte

[25] Herbert Marcuse, Scrieri filozofice, Bucureşti, Ed. Politică, 1982

progresul este considerat ca un concept ***cantitativ***, conform căruia ***"progresul înseamnă că în cursul dezvoltării culturii, în pofida numeroaselor perioade de regresiune, cunoştinţele şi aptitudinile umane luate în ansamblu au sporit şi că, totodată, aplicarea lor în vederea dominării lumii înconjurătoare – socială şi culturală – a devenit tot mai universală. Rezultatul acestui progres este creşterea bogăţiei sociale. Pe măsură ce cultura progresează, ea sporeşte atât trebuinţele oamenilor cât şi mijloacele pentru satisfacerea lor; dacă un astfel de progres contribuie şi la desăvârşirea omului, la o existenţă mai liberă şi mai fericită, aceasta rămâne o chestiune deschisă. Acest concept cantitativ îl putem numi concept al progresului tehnic..."***.

Pe de altă parte conceptului de progres cantitativ, i se opune ***conceptul de progres calitativ. "Conform acestui concept, progresul istoric ar consta în realizarea libertăţii umane, a moralităţii: oamenii devin tot mai liberi, iar conştiinţa libertăţii însăşi i-ar incita la o lărgire a sferei de cuprindere a libertăţii. Rezultatul progresului constă aici în faptul că oamenii devin tot mai umani, că sclavia, arbitrarul, oprimarea, suferinţa se diminuează. Acest concept calitativ de progres îl putem numi ideea progresului umanitar"***.

Herbert Marcuse consideră că între conceptul de progres cantitativ şi conceptul de progres calitativ există o interdependenţă, în sensul că progresul calitativ este condiţionat de existenţa prealabilă a progresului cantitativ, al progresului tehnic.

Astfel, el scrie: ***"Ridicarea omenirii din sclavie şi mizerie la o tot mai mare libertate presupune progresul tehnic, adică un înalt grad de dominare a naturii, unicul generator al bogăţiei sociale, care, la rândul ei, permite ca şi trebuinţele umane să îmbrace o formă mai umană şi să fie satisfăcute într-un mod mai uman"***. Însă, mai departe menţionează: ***"Progresul tehnic, care ca atare constituie, desigur, condiţia prealabilă a libertăţii, nu înseamnă câtuşi de puţin şi realizarea unei libertăţi mai mari"***. Se subliniază astfel că nu este o condiţionare de existenţă a progresului calitativ dacă este progresul cantitativ. Confirmă această teză existenţa însăşi a statelor totalitate, indiferent de regimul social-politic.

Valoarea supremă a progresului tehnic este productivitatea muncii, dar nu numai în sensul producerii crescânde de bunuri materiale şi spirituale, ci şi în sensul unei dominări mai universale a naturii. Motivaţia creşterii productivităţii o constituie satisfacerea tot mai mare a trebuinţelor, destinate să slujească oamenilor. Dar, aşa cum subliniază Herbert Marcuse: ***"...dacă conceptul de trebuinţe include atât hrana, îmbrăcămintea, locuinţa, cât şi bombele, aparatele distructive şi nimicirea alimentelor nevandabile, putem afirma cu deplin temei că acest concept este pe cât de ipocrit pe atât de inadecvat în ceea ce priveşte determinarea unei productivităţi legitime şi avem dreptul să lăsăm deschisă întrebarea: productivitatea – în ce scop ? După toate aparenţele, productivitatea se transformă din ce în ce mai mult într-un scop în sine, iar problema utilizării productivităţii rămâne nu numai deschisă, ci şi tot mai refulată"***.

Dar, dacă productivitatea este determinată de progresul tehnic, deci conceptul de progres cantitativ, urmează că existența umană este resimțită ca muncă, munca devenind deci drept conținut al existenței umane. ***Munca este concepută ca muncă socialmente utilă, necesară, dar nu neaparat ca muncă dătătoare de satisfacții pentru individ, ca muncă individual necesară.*** După cum scrie Constantin Rădulescu-Motru: ***"Omul din naştere nu este iubitor de muncă. Dimpotrivă, munca îi este povară. Însă, produsul muncii, obiectul creat de el prin instrumentația muncii, îl fascinează şi-l umple de mândrie"***[26]. Nevoia socială şi nevoia individuală se despart şi aceasta, desigur, cu atât mai mult cu cât societatea industrială se dezvoltă sub egida unui principiu al progresului.

Pe de altă parte, Hegel arată că progresul general în istorie poate avea loc numai prin intermediul interesului particular, deoarece numai interesul particular poate conferi individului pasiunea luptei istorice. ***"Interesul particular propriu pasiunii nu poate fi deci despărțit de manifestarea generalului, căci generalul rezultă din particular, fiind determinat şi din negarea acestuia"***[27]. Hegel sublinia şi el că: ***"Marii oameni ai istoriei n-au fost ce se poate numi fericiți"***. Aceasta întrucât progresul rațiunii îşi croieşte drum împotriva fericirii indivizilor. ***"Fericit este acela care şi-a croit soarta potrivit caracterului său propriu, voinței şi bunului său plac, bucurându-se astfel de existența sa. Istoria universală nu este tărâmul fericirii. Perioadele de fericire sunt pagini goale ale sale..."***[28].

---

[26] Constantin Rădulescu-Motru, *Revizuiri şi adăugiri. 1946*, Bucureşti, Ed. Floarea Darurilor, 1998, p.141
[27] Hegel, *Prelegeri de filozofia istoriei*, Ed. Academiei RSR, Bucureşti, 1968, p. 35
[28] Hegel, *idem*, p. 29

CAP. 6. ENERGIE ŞI ECOLOGIE

"Omul nu poate nimic, nu este nimic fără energie. Energie ! Încă energie ! Mereu energie ! Acesta este strigătul omenirii contemporane".

Claude Bienvenu

6.1. Ce este energia ?

Deşi toată lumea cunoaşte şi vorbeşte despre importanța energiei în viața modernă, definirea ei mai suscită, din punct de vedere ştiințific, unele controverse. Pentru a sublinia importanța energiei este suficient să amintim că L. A. White[1] scria: ***"Toate sistemele culturale, ca şi toate sistemele biologice, pot fi reduse la un numitor comun: energia. Energia este o dimensiune universală a culturii"***. După White, gradul de dezvoltare a unei culturi este proporțional cu cantitatea de energie implicată, ceilalți factori fiind constanți. Energia utilizată de un sistem social devine astfel o măsură a dezvoltării sale culturale.

Pentru o lungă perioadă de timp, singura nevoie energetică a omului a fost reprezentată de alimente, concretizate prin hrana spontană din jurul său, pe care o vâna, aduna şi consuma.

Agricultura a reprezentat primul act din istoria omenirii în care o sursă exterioară de energie era folosită altfel decât spontan. Făcând agricultură, omul folosea ciclul energiei solare pe o cale mai eficientă decât prin vânat şi culesul hranei sălbatice. Tot agricultura i-a permis omului să crească densitatea populației în aşa măsură încât a făcut posibilă şi necesară organizarea de aşezări umane.

Noțiunea de "energie" a fost introdusă în ştiință în secolul al XVIII-lea, dar principiile ei ştiințifice care o caracterizează au început să se contureze la începutul secolului al XIX-lea, suferind multe modificări până în vremurile noastre. Energia este asociată anumitor purtători, dintre care cei mai obişnuiți sunt cei de natură chimică, gravitațională, mecanică, electromagnetică şi nucleară.

Dar, ce este energia ? Printre multe alte considerații, Max Planck prezintă următoarea definiție: ***"Sub numele de energie a unui corp sau a unui sistem de corpuri, se înțelege o mărime care depinde de starea fizică instantanee în care se găseşte sistemul"***. Energia este aşadar o funcție de stare. În sinteză se poate spune că energia este capacitatea unui sistem fizic de a efectua lucru mecanic, atunci când suferă o transformare dintr-o stare în alta sau, cu alte cuvinte: ***energia este echivalentul în lucru mecanic al tuturor acțiunilor exterioare care se produc la trecerea unui sistem de la o stare inițială (1) la o stare finală (2)***.

---

[1] L. A. White, *The energy theory of cultural development*, În: K. M. Kapodia (editor), *The Ghurye felicitation volume*, Popular Book Dept., Bombay, 1955, p. 1-10.

Material cu drept de autor

Marele filozof român, Ştefan Lupaşcu (1909-1988), consideră energia ca o formă a antagonismului; el scria: ***"energia nu poate fi posibilă sau, cel puțin, sesizabilă pentru noi în afara antagonismului ei inerent... tot ceea ce se manifestă fizic pentru noi, orice modificare a unei anumite stări de lucruri, implică existența unei energii..."***.

Energia este o mărime măsurabilă, deci se pot găsi echivalențe între transformările ei.

Toată istoria umanității trece prin înțelegerea şi apoi prin "stăpânirea" de către om a fenomenelor naturale. Dar, această stăpânire, pentru evoluția dirijată a naturii, cum ar fi menținerea unor stări împotriva evoluției naturale, necesită energie; aşa cum scria Claude Bienvenu: ***"Omul nu poate nimic, nu este nimic fără energie. Energie ! Încă energie ! Mereu energie ! Acesta este strigătul omenirii contemporane"***. Orice evoluție sau progres implică o transformare de energie liberă în energie legată.

Viața care este mişcare, transformare, implică folosirea energiei sub toate formele sale. Energia este un element indispensabil pentru majoritatea activităților umane. Cantitatea de bunuri şi de servicii disponibile pentru oameni este, în principal, funcție de disponibilitatea şi de utilizarea energiei.

Dezbaterea privitoare la energie este adesea complicată prin ambiguitatea ce rezultă din întrebuințarea improprie a unor termeni ca "producție" sau "consum" de energie, fapt ce contravine legii conservării energiei sau din comparația incorectă a diferitelor forme de energie. Dar nici legea conservării energiei nu are o demonstrație riguroasă şi, de aceea, este puțin credibilă când se pune ***"energia universului rămâne constantă"***, întrucât nu se spune cât este această energie a universului. Abia în ultimul timp teoria cuantică a permis să se dea răspunsul că ***"energia totală a universului este exact zero"***[2]. Materia din univers este formată din energie pozitivă, determinată de fuziunea atomilor uşori şi este compensată de energia negativă cauzată de gravitație, întrucât acțiunea câmpului gravitațional este considerată ca energie negativă.

Este un adevăr fundamental că într-un sistem închis energia se conservă. Prin aceasta înțelegem că o operație tehnologică nu poate crea energie, ci numai să o transforme. Astfel, arderea benzinei într-un motor transformă energia chimică în energie mecanică. Când se vorbeşte de producție sau consum de energie se au în vedere schimbări de calitate a energiei, transformarea ei dintr-o formă în alta.

6.2. Surse de energie

Nimeni nu poate, fără a cădea în speculații metafizice, să afirme că îi sunt cunoscute sursele energetice primare ale universului.

Din ipotezele emise în urma examinării fenomenelor stelare aşa cum le observăm noi astăzi (şi care datează de mai multe miliarde de ani,

---

[2] Stephen W. Hawking, *Scurtă istorie a timpului. De la Big Bang la găurile negre*, Editura Humanitas, Buucreşti, 1994

ținându-se seama de distanța dintre aştrii observați), putem deduce că ***există două surse de energie în univers: fuziunea atomilor uşori şi gravitația universală, adică atracția pe care şi-o exercită reciproc toate corpurile***. Aşa zisele surse pământene de energie (fosile, hidraulice, eoliene etc.) nu sunt decât mijloace de stocare a celor două surse energetice originare, din univers.

Prin fuziunea atomilor uşori se obțin atomi grei, de la heliu la uraniu, a căror "dezintegrare" (fisiune) ne dau energia de fisiune. În zilele noastre, fuziunea continuă în soare şi energia astfel degajată şi primită pe pământ este utilizată de plante şi de viețuitoare pentru a-şi fabrica produse capabile, la rândul lor, să degajeze energie – compuşi organici. Aceste produse pot să se acumuleze timp de milioane de ani devenind turbă, huilă sau petrol, şisturi bituminoase şi alte "surse" energetice fosile. Dar acțiunea soarelui se face simțită şi prin intermediul gravitației; încălzirea şi răcirea atmosferei, evaporarea, toate aceste fenomene traducându-se energetic prin vânt, ploaie şi rezultatele lor – valurile şi râurile. Pământul este, de asemenea, un rezervor de energie fosilă: energia cinetică a rotației, captată indirect din gravitația universală, sub formă de maree şi geotermie.

Sursele energetice pământene, numite surse primare de energie, reprezintă surse de energie din natură pe care omul le poate folosi pentru a obține energie complimentară energiei proprii, musculare. Principalele resurse primare de energie sunt, în ordinea cronologică a utilizării lor: forța musculară proprie, forța animală, forța eoliană, combustibilii (lemn, cărbune, petrol, gaze), forța apelor (libere sau captate prin amenajări), energia mareelor, a valurilor etc., radiația solară directă, căldura straturilor de apă subterană, diferența de temperatură în straturile de apă adânci, procesele chimice, fisiunea nucleului atomic, potențialul electric al atmosferei etc.

În prezentarea noastră ne interesează mai puțin resursele energetice pământene ca mod de stocare a energiei din univers, volumul acestora etc., ci ne interesează mai mult contribuția la gradul de poluare al acestora. Fără îndoială că indiferent de forma de stocare pământeană a energiei, transformarea acesteia din energie potențială în energie liberă şi din energia liberă în energie legată are loc cu creşterea corespunzătoare a entropiei, deci cu declanşarea unui proces de poluare. Dar, forma sub care se difuzează (disipează) în mediu energia legată şi randamentul transformării diferă de la un mod de stocare la altul. De aceea, devine rațională analiza ecologică a acestui mod de transformare. Ea devine cu atât mai necesară cu cât deseori apar interpretări aberante a unor activități umane, din punctul de vedere al analizei ecologice.

Vom considera, spre exemplu, o problemă mult discutată în ultimul timp: ***automobilul electric***. Ne referim la acest subiect controversat întrucât, deseori, se prezintă ştiri menționând realizările în acest domeniu, cu specificarea că: ***"Oamenii de ştiință, ecologiştii, futurologii şi tehnicienii visează de mult timp la epoca automobilului electric nepoluant"***. Aşa să fie ? Nu ! Este ca şi cum un terorist ar lansa dintr-un avion o bombă peste un grup de oameni şi întrucât, nu-i vede murind, nu are conştiința faptei, la fel

de bine conturată ca atunci când ar trage cu un automat de la mică distanță asupra aceluiaşi grup de indivizi şi ar omorî tot atâția oameni prin împuşcare directă, față în față.

Automobilul electric se bazează tot pe transformare de energie liberă în energie legată. Având în vedere că, în principiu, în cazul automobilului electric, plecându-se, de exemplu, tot de la benzină sau motorină, aceasta se transformă succesiv din energie chimică în energie calorică, energie mecanică, energie electrică, energie chimică stocată în acumulator, energie electrică, energie mecanică – ciclul combustibil – lucru mecanic este mai lung decât în cazul motorul pe benzină sau motorină, deci cu transformări suplimentare, afectate de randamentul respectiv, rezultă că şi randamentul total va fi mai mic la automobilul electric decât la cel pe benzină sau motorină. Pe global, automobilul electric va fi deci mai poluant decât automobilul pe benzină sau motorină.

Automobilul electric va reduce gradul de poluare local, în zonele aglomerate unde este folosit, dar pe global el va fi mai poluant.

6.3. Energia – problemă globală a omenirii

Energia este una din componentele infrastructurii economice (alături de apă, transporturi şi telecomunicații), fără de care nu este de conceput, în zilele noastre, funcționarea unei economii naționale. Celelalte sectoare ale economiei: ***primar*** – incluzând agricultura, silvicultura, piscicultura, industria extractivă, deci ramurile care acționează nemijlocit asupra resurselor naturale; ***secundar*** – incluzând toate industriile prelucrătoare, care acționează asupra produselor sectoarelor primare; ***terțiar*** şi ***quaternar*** – incluzând serviciile legate de activitatea productivă ca şi de cea neproductivă a oamenilor, pot să lipsească, total sau parțial, din structura unei economii naționale; dar nici o economie națională nu poate exista fără cele patru infrastructuri: ***energie, apă, transporturi, telecomunicații*** în care energia joacă un rol hotărâtor, întrucât numai ea permite să fie activate şi celelalte trei componente ale infrastructurii economice.

Şi din punctul de vedere al disciplinei noastre, problema energiei este o problemă esențială întrucât, aşa cum s-a demonstrat anterior, ***poluarea nu reprezintă, în fond, altceva decât flux de entropie înaltă disipat în mediu, cauzat de transformarea energiei libere în energie legată la transformarea formei, structurii şi poziției în spațiu a materiei***. Prin intensitatea transformării energiei libere în energie legată, din diverse colectivități umane, devine şi un indicator privind "contribuția" diverselor colectivități umane la poluarea globală a mediului, pe baza "consumului" de energie liberă a acestora. Influența este directă, din procesele de evidențiere a energiei libere, precum şi din sectoarele deservite, producătoare de orice fel de bunuri sau servicii, bazate pe transformarea energiei libere în energie legată.

Gradul de poluare a fiecărei transformări particulare de energie liberă în energie legată depinde de forma pe care o are disponibilitatea energiei libere. În mare, acestea se clasifică în surse regenerabile şi surse neregenerabile. De fapt, orice sursă de potenţializare a energiei libere este regenerabilă, însă, la scara vieţii umane sau la scară cosmică. Cele regenerabile la scara vieţii umane sunt: biomasa, sursele hidraulice, eoliene, solare etc., iar cele la scara cosmică: hidrocarburile, nucleare etc. Fiecare dintre acestea, prezintă anumite particularităţi privind impactul cu mediul înconjurător şi degradarea acestuia.

6.4. Structura surselor de energie

Conform statisticilor înregistrate, structura surselor de energie identificate şi utilizate se prezintă aproximativ în figura 6.1.

După cum se observă în figura 6.1, în prezent, circa 79% din energia mondială este furnizată de combustibilii fosili (cărbuni, gaze naturale şi petrol), ponderea relativă fiind variabilă de la an la an.

Estimările făcute preconizează păstrarea în continuare a acestei structuri pentru sursele de energie utilizate de societatea umană, care stau şi vor sta la baza sistemelor de producţie energetică. Însă, dezvoltarea acestor sisteme de producţie energetică din întreaga lume este condiţionată de mari restricţii, cauzate de factori proveniţi din direcţii foarte diferite.

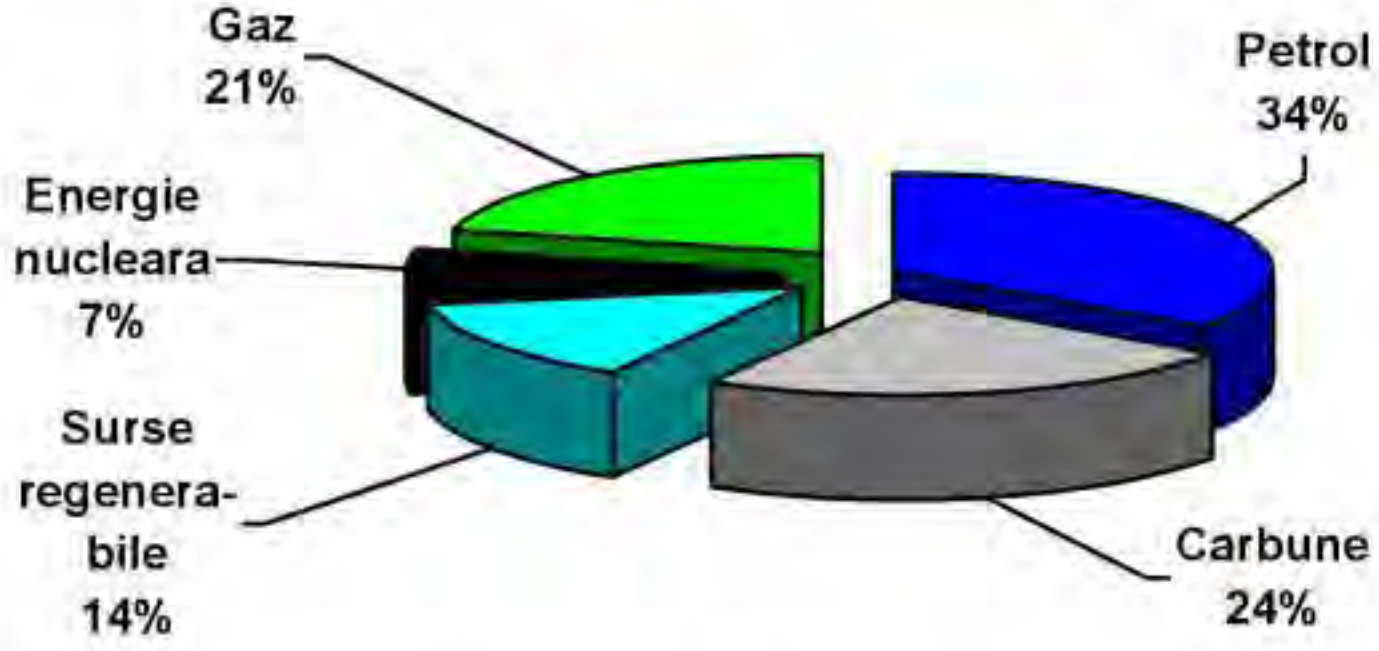


Fig.6.1. Structura surselor de energie în anul 2000

În primul rând, disponibilitatea combustibililor fosili, în mod particular petrolul – cel mai eficient dintre aceştia. Restricţia este cauzată de considerente geografice şi politice, motivându-se prin concentrarea celor mai mari rezerve (peste două treimi) în zona Golfului Persic. Războiul din Afganistan sau războiul din Golf, au vizat tocmai controlul asupra acestei mari rezerve de combustibil energetic.

În al doilea rând, este restricţia impusă de mediul ambiant, respectiv de capacitatea lumii de a face faţă poluării în creştere continuă şi

deci degradării mediului înconjurător. Cea mai mare parte a economiei mondiale este bazată pe combustibili fosili. Problema principală o constituie faptul că din cele peste 22 miliarde de tone de CO_2, difuzate anual în atmosferă, circa 7 miliarde tone provin din producția de energie, mai ales cea bazată pe folosirea combustibililor fosili. Întrucât nu se întrevede încă un remediu tehnologic, necesitatea reducerii ritmului de încălzire a planetei, cu toate consecințele sale, impune restricții severe în ce priveşte utilizarea, în continuare, a combustibililor fosili.

În al treilea rând, este limita impusă de condițiile social-politice. Este opoziția manifestată de populație la extinderea, în continuare, a degajărilor poluante care pun în pericol mediul înconjurător. Faptul că Italia, de exemplu, nu dispune de centrale termonucleare confirmă opoziția de ordin social-politic ce împiedică unele dezvoltări energetice. De altfel, Italia este consumatorul cel mai mic de energie din grupul G7.

În ce priveşte producția, consumul şi rezervele, unor categorii de combustibili, situația se prezintă în cele ce urmează.

Cărbunii. Cărbunii se folosesc drept combustibil încă din antichitate şi importanța economică a lor s-a menținut până în zilele noastre, producția crescând cantitativ, dar scăzând ca pondere în balanța energetică, datorită utilizării şi a altor surse de energie primară, îndeosebi a petrolului.

Clasificarea cărbunilor se face, cel mai des, după gradul de carbonizare (conținutul de carbon) şi potrivit căruia cărbunii se clasifică în: inferiori (turbă, lignit, cărbune brun) şi superiori (huilă şi antracit).

Turba este un cărbune în formare, are o putere calorică redusă (sub 3000 kcal/kg). ***Lignitul***, care este mult valorificat, reprezentând cărbunele energetic cu o mare răspândire pe glob, are un conținut în carbon de 30...50% şi o putere calorică de 1600...3500 kcal/kg. ***Cărbunele brun*** are un conținut de carbon ceva mai ridicat decât lignitul (50...75%) şi putere calorică între 3500...7200 kcal/kg. ***Huila***, cărbunele cu cea mai mare valoare economică – fiind cocsificabil – are un conținut de carbon între 75...93%, iar puterea calorică ajunge la 8200...9200 kcal/kg.

Evoluția producției mondiale de cărbune, de la finele secolului al XIX-lea până la sfârşitul secolului XX, se prezintă în tabelul 6.1.

Tabelul 6.1

Evoluția producției mondiale de cărbune (milioane tone)

Anii	1890	1913	1938	1950	1980	1990	1994	1997
Huilă	474	1215	1178	1439	2733	3487	3565	3730
Lignit	38	125	262	792	996	-	924	918
Total	512	1340	1440	1818	3729	4881	4489	4648

Producția mondială de cărbune după 1990 a variat între 4,5 şi 5,0 miliarde tone, fiind concentrată teritorial în trei state: SUA, CSI şi China care dețin mai mult de jumătate din producția mondială.

Principalele țări producătoare de cărbune şi rezervele acestora se prezintă în tabelul 6.2.

Tabelul 6.2

Principalelor țări producătoare de cărbune şi rezervele acestora

Țara	Producția în 1997 (milioane tone)	Rezerve (miliarde tone)
China	1351,9	108,9
SUA	913,3	290,8
India	322,4	1,8
CSI	302,3	269,8
Africa de Sud	220,1	64,4
Australia	206,2	72,4
Polonia	137,1	47,1

Petrolul sau țițeiul este un combustibil mineral clasic, de origine organică. Calitatea de combustibil este apreciabilă datorită marelui randament energetic, dispunând de o putere calorică cuprinsă între 9000 şi 11000 kcal/kg. De asemenea, este o sursă energetică relativ comodă, care poate fi transportată uşor prin conducte la mari distanțe, nu lasă cenuşă, fapt pentru care este larg utilizabilă.

Tabelul 6.3

Cei mai importanți consumatori de petrol în anul 1998

Țara	Milioane tone
SUA	841,6
Japonia	259,8
Rusia	147,7
China	140,2
Germania	136,6
Franța	97,8
Coreea de Sud	96,9
Italia	95,7
Canada	91,6
Mexic	84,6
Marea Britanie	82,4
India	74,2

Exploatarea la scară industrială a petrolului începe din a doua jumătate a secolului al XIX-lea.

Dezvoltarea rapidă a transporturilor auto (după anul 1900), extinderea motorului cu combustie internă şi Diesel în transportul naval şi apariția şi dezvoltarea aviației în primele decenii ale secolului al XX-lea, fac din petrol o resursă energetică de prim rang, el învingând, după anul 1930, definitiv în competiția cu cărbunele. După al doilea război mondial, petrolul câştigă şi mai mult în importanță, mai ales că petrochimia începe să se dezvolte cu rapiditate. În anul 1910 petrolul reprezenta doar 10% din totalul energiei consumate, ponderea sa a crescut la 20% în anul 1938, pentru ca în anul 1980 să ajungă la 45%. Creşterea ponderii energiei nucleare şi a celor regenerabile, în anii 1990 au redus ponderea petrolului în totalul consumului de energie la 40%.

În ce priveşte disponibilitatea rezervelor mondiale de petrol, conform aprecierilor Conferinței Mondiale a Energiei de la München din anul 1980, rezervele certe de petrol se ridică la 139 miliarde tone, iar cele probabile la 360 miliarde tone. Dar, distribuția resurselor de petrol ale lumii este neuniformă şi ea se accentuează în mod continuu. Astfel, în timp ce la nivelul anului 1980 regiunea Golfului Piersic avea 55% din rezervele mondiale certe, această proporție a crescut la 65% până în 1989. Cele mai multe dintre țările aflate în această regiune au rezerve certe de petrol pentru circa 100 de ani, evaluate la ritmul de exploatare actual. În acelaşi timp, Europa, America de Nord şi fosta URSS contează pe rezerve de petrol de cel mult 20 de ani.

Consumul mondial de petrol s-a ridicat în 1995 la circa 3,3 miliarde tone, din care, statele dezvoltate economico-industrial, au consumat aproximativ 3/4 din producție. ***Consumul mediu pe cap de locuitor*** a fost în anii 1990 de 4,5 barili pe an, dar el a variat de la 24 barili în SUA şi 12 barili în Europa de Vest la mai puțin de un baril pe an în țările din sudul Africii.

Gazele naturale, un alt combustibil mineral fosil, sunt constituite din hidrocarburi gazoase în care predomină metanul. Ele dispun de o putere calorică ce poate ajunge până la 13.850 kcal/m^3 şi se utilizează în două direcții majore: drept combustibil şi ca materie primă în industria chimică. Folosite drept combustibil, ele constituie o excelentă sursă energetică, cu ardere completă, fără să degajeze fum sau să lase cenuşă, putând fi transportate, prin conducte, la mare distanță şi fiind puțin poluante.

Gazele naturale se împart în două categorii: gazul metan şi gazul de sondă.

Gazul metan, numit şi gaz natural uscat, se găseşte singur în zăcământ, conține o mare cantitate de metan (între 69 şi 99,91%) şi o cantitate mică de hidrocarburi superioare metanului (etan, butan, izobutan etc.).

Gazele de sondă, numite şi gaze umede sau asociate, se găsesc în zăcământ împreună cu petrolul şi s-au format odată cu acesta. În cadrul zăcământului de petrol, gazele de sondă pot fi dizolvate în petrol sau se pot găsi liber, formând o cupolă deasupra zăcământului, ori un strat gazeifer inclus în acesta. În primul caz alcătuiesc aşa numitul cap de gaz sau gaz-cap. Prezența gazelor libere în zăcământul petrolier, sub forma cupolei (capului de gaz) determină curgerea amestecului de petrol cu gaze de sondă. Fiind un amestec de metan cu etan, propan, butan, izobutan, precum şi alte hidrocarburi saturate mai grele, gazele de sondă au un conținut de metan mai redus decât gazul metan propriu zis; procentul variază între 69 şi 95%. În schimb, dispun de un conținut mai mare de hidrocarburi superioare metanului, mai ales de etan, propan, butan, ceea ce le conferă o mai mare valoare comercială. Din propan şi butan se obține gazolina, din care se extrag benzine uşoare (cu cifră octanică ridicată), utilizate în aviație sau în alte domenii care necesită carburanți de calitate superioară.

Producția mondială de gaze naturale s-a dezvoltat continuu, de la 470 miliarde metri cubi în 1960, 1082 miliarde metri cubi în 1970, 1474

miliarde metri cubi în 1980, 1850 miliarde metri cubi în 1989 la 2404,1 miliarde metri cubi în 1998.

6.5. Industria energiei electrice

Energia electrică are, evident, o importanță vitală pentru dezvoltarea economico-socială a lumii contemporane, consumul de energie electrică fiind indispensabil tuturor sectoarelor de activitate. Introducerea tehnologiilor moderne în activitatea industrială este de neconceput fără energie electrică. În plus, creşterea nivelului vieții materiale şi spirituale a populației mondiale, a nivelului civilizației, fie ea urbană sau rurală, este strâns legată de producția şi consumul de energie electrică, acestea devenind, de altfel, indicatori ai aprecierii stadiului dezvoltării economico-sociale şi standardului de viață.

În tabelul 6.4 se prezintă consumul mondial de energie în general şi de energie electrică, defalcat pe unele țări dezvoltate care fac parte din G7, Rusia care participă deseori la G7 şi România.

Tabelul 6.4

Consumul mondial de energie în 1993

Comunitatea umană	Consumul de energie (Petajoules)					
	Global	% din total		Energie electrică	% din total	
Mondial	322.000	100		29.700	100	
Europa	107.000	33,23		11.000	30,04	
Asia	93.500	29,04		5.720	19,26	
SUA	81.700	25,37	45,80%	8.430	28,38	70,48%
Japonia	17.500	5,43		3.150	10,61	
Germania	13.700	4,25		1.750	5,89	
Anglia	9.510	2,95		1.050	3,54	
Canada	9.190	2,85		2.090	7,04	
Franța	9.150	2,84		4.030	13,57	
Italia	6.740	2,10		434	1,46	
Rusia	30.000	9,32		1.850	6,23	
România	1.760	0,55		53	0,18	
1 Petajoules = 10^{15} Joules; 1 J = 1 W.s = $0,28.10^{-6}$ kWh						

După cum rezultă din tabelul 6.4, peste 70% din energia electrică este consumată în țările foarte dezvoltate industrial-economic. De aici rezultă faptul că multe țări ale lumii au un acces foarte redus la această energie. Statisticile arată că, în 1993, 46 de țări îşi satisfăceau mai mult de 50% din necesarul de energie cu ajutorul combustibililor tradiționali, în special lemnul. În frunte este Bhutan cu 94,97%, urmată de Nepal cu 92,26%, Chad cu 92,21%, Faso cu 91,64%, Burundi cu 91,60% etc. Dar, trebuie menționat că

țările dezvoltate nu au renunțat nici ele la folosirea lemnului drept combustibil, fiind numai o scădere relativă în consumul de energie. Astfel, India şi Statele Unite ard cantități aproximativ egale de lemn de foc, însă, în Statele Unite cele 130 milioane tone de lemn de foc folosite anual reprezintă numai 3% din consumul de energie, în timp ce în India, aceeaşi cantitate de lemne arse, asigură circa 25% din consumul de energie al țării.

Pentru majoritatea locuitorilor din lumea a treia lemnul de foc este singurul combustibil viabil utilizat pentru gătit hrana. Peste 100 de milioane dintre aceştia nu pot obține suficient lemn pentru a-şi prepara hrana şi peste un miliard îşi acoperă necesarul de combustibil numai prin defrişări masive de păduri şi deci reducerea resurselor lor forestiere.

Structura producției de energie electrică este diversificată, fiind în funcție de sursele energetice primare utilizate. Se disting mai multe tipuri de centrale electrice: termocentrale, hidrocentrale, centrale electronucleare, mareomotrice, eoliene, solare, termomarine etc.

Termocentralele folosesc, pentru producerea energiei electrice, combustibili minerali fosili: cărbuni, petrol, gaze naturale, şisturi bituminoase. Acest tip de centrale prezintă avantajul de a putea fi construite într-un timp relativ scurt, cu investiții nu prea mari şi cu o ritmicitate în funcționare, ceea ce explică, parțial, faptul că încă predomină în producția mondială de energie electrică.

Termocentralele furnizează, de altfel, actualmente, încă 60...65% din energia electrică a Terrei, cu mari deosebiri în profil regional.

Hidrocentralele transformă energia hidraulică, în fapt o energie de potențial, a cursurilor de apă, în energie electrică. Această formă de energie primară regenerabilă (datorită circuitului apei în natură), nepoluantă, prezintă o importanță economică deosebită. Deşi costul construcției hidrocentralelor este mai ridicat decât cel al termocentralelor, datorită, în principal, lucrărilor complexe ce trebuie realizate (nu numai centrală electrică, ci şi baraje, canale de aducțiune etc.), amortizabile în intervale de timp mari, energia electrică produsă este de 3-4 ori mai ieftină de4cât cea produsă de termocentrale, datorită cheltuielilor ulterioare, de exploatare, reduse. În plus, rentabilitatea amenajărilor hidroenergetice creşte prin valorificarea complexă a bazinelor hidrografice: pentru navigație, piscicultură, alimentări cu apă potabilă şi industrială, irigații, agrement şi sporturi nautice, regularizarea debitelor etc.

Potențialul hidroenergetic economic amenajabil al Terrei este echivalent cu o producție de energie electrică de $6,4.10^{12}$ kwh, dar, nu este exploatat decât circa 20% din acesta.

Centralele geotermice valorifică energia calorică emanată de câmpurile geotermice. Fluxul de căldură provine din nucleul central al Pământului, valori ridicate ale gradientului geotermic înregistrându-se la limita plăcilor tectonice care formează scoarța terestră şi care se caracterizează prin vulcanism şi seismicitate ridicată. Interesul despre această sursă de energie s-a manifestat mai ales după criza petrolului.

6.6. Alternative energetice

Alternativele energetice pot fi cauzate de factori diferiți, printre care: epuizarea resurselor tradiționale şi reducerea gradului de poluare a mediului sunt printre cei mai importanți. Care sunt posibilitățile ? Recurgerea la surse regenerabile este una din căile abordate de specialişti: energie hidraulică, eoliană, solară, a mareelor etc. Unele dintre acestea resurse asigură ambele deziderate.

Tabelul 6.5

Suprafața necesară implimentării tehnologiilor de generare a electricității

Tehnologia utilizată	Suprafața necesară (km^2/exajoule)[1]
Biomasă	125 000 – 250 000
Hidroenergie (>10 Mw)	8 300 – 25 000
Hidroenergie (<10 Mw)	170 – 17 000
Eoliană[2]	300 – 17 000
Stație fotovoltaică	1 700 – 3 300
Jgheab termosolar	700 – 3 000
Cărbune bituminos	670 – 3 300
Lignit	6 700
Turbă cu gaze naturale	200 – 670

[1)]Cifre medii pentru o perioadă de 30 de ani de exploatare pentru centrale electrice, mine etc. Un exajoule = 10^{18} Joule.
[2)]Cifra minimă include numai terenul ocupat de turbine şi căile de comunicație, iar cifra maximă caracterizează suprafața totală ocupată.

Tabelul 6.6

Costurile generării energiei electrice în SUA (comparație între 1985, 1993, 2000)

Sursa de energie	cenți/kWh, prețuri 1993		
	1985	1993	2000
Gaz natural	10 – 13	4 – 5	3 – 4
Cărbune	8 – 10	5 – 6	4 – 5
Eoliană	10 – 13	5 – 7	4 – 5
Solară[1]	13 – 26	8 – 10	5 – 6
Nucleară	10 - 21	10 - 21	)[2]

[1)]Folosind gazul natural ca auxiliar.
[2)]Nu sunt planificate centrale nucleare noi pentru intrat în funcțiune până în anul 2000.

Dar, pentru a analiza alternativele la sursele energetice tradiționale se prezintă necesarul de suprafață terestră în scopul obținerii unei anumite cantități de energie electrică, tabelul 6.5, iar costurile comparative, în SUA, în tabelul 6.6.

Tabelul 6.7

Radiațiile solare pe Terra

Zona	Latitu-dine	Maximum zilnic (kWh/m^{2}zi)		Minimum zilnic (kWh/m^{2}zi)		Total anual (kWh/m^{2}zi)	
Ecuator	0	6,5	7,5	5,8	6,8	2200	2300
Tropice	23½	7,1	8,3	3,4	4,2	1900	2300
Cercuri polare	66½	6,5	7,9	0	0	1200	1400
Valorile radiațiilor solare menționate se referă la condiții meteorologice ideale (cer senin); de aceea, ele trebuie să fie considerate ca valori maximale care corespund unui an ideal (din acest punct de vedere), cu zile senine. De fapt, valorile observate pot fi cu mult mai mici, în special la latitudini ridicate. De exemplu, valorile radiațiilor totale incidente, relevate experimental în unele orașe: Oslo (60^{0}N) – 1025 kWh/m^2; Minsk (50^{0}N) – 975 kWh/m^2; Milano (45^0) – 1045 kW/m^2; Roma (42^{0}N) – 1370 kWh/m^2 sunt concludente.							

Energia solară este o sursă energetică importantă şi inepuizabilă, fiind una din sursele universale de energie pentru viața de pe Terra, manifestată direct sau indirect, prin derivatele ei cum ar fi combustibilii fosili sau nefosili. Soarele trimite aproape un kW de energie radiantă pe 1 m^2 de pământ şi în jur de 1,7.10^{14} kW întregului glob, energie distribuită destul de uniform, tabelul 6.7.

Conversia energiei solare a preocupat pe oamenii de știință de multă vreme. Astfel, între 1870 – 1880, în urma revoluției industriale, oamenii de știință francezi şi americani au creat, între altele, maşini de gătit solare, locomotive cu abur şi generatoare de electricitate, toate bazate pe acelaşi principiu: ***un colector parabolic de raze solare este învelit cu o suprafață oglindă care reflectă lumina incidentă sub diferite unghiuri într-un punct sau pe o singură linie***. Acestea "includ" farfurii parabolice, asemănătoare cu receptorii de televiziune prin satelit şi colectori parabolici în formă de jgheab, care concentrează lumina într-un tub mai degrabă decât într-un punct. La începutul secolului al XX-lea, oamenii de știință au proiectat şi realizat un ansamblu de motoare solare care puteau fi folosite de la acționarea unei prese tipografice la Paris, la pomparea apei pentru irigații în America (Arizona). În scurt timp însă a început era petrolului ieftin şi eforturile au fost abandonate.

După 70 de ani, ca urmare a embargoului asupra petrolului în 1973, farfuriile parabolice şi jgheaburile solare au revenit în actualitate, mult îmbunătățite, ca urmare a progresului științific şi tehnic contemporan. Invențiile sfârşitului de secol XX, cum ar fi materialele reflectante necostisitoare, fluide ce asigură un transfer de căldură mai eficient, receptoare solare mai performante sau dispozitive de urmărire electronică, au îmbunătățit funcționalitatea tehnologiilor secolului trecut, permițând specialiştilor să reducă costul acestor instalații.

Două sunt dificultățile majore în generalizarea colectării energiei solare: **(1)** – intensitatea redusă a energiei solare, fapt ce impune ca pentru colectarea radiației solare să se folosească suprafețe mari de teren; **(2)** – variația în timp a radiației solare, datorită alternanței în timp zi-noapte, a anotimpurilor şi a vremii. Aceste dificultăți impun utilizarea unor mijloace adecvate de stocare a energiei soare captate.

Dar, energia solară generează şi ea probleme de mediu ambiant. Folosirea ei pe scară mare ar putea să afecteze echilibrul termic al scoarței pământului, întrucât razele solare sunt reflectate normal ca o radiație de unde lungi. Dacă cantitatea d energie solară întrebuințată de om va constitui o parte semnificativă a radiației incidente, vor putea să apară modificări climatice locale considerabile.

Energia eoliană este, de asemenea, mult menționată, în ultimul timp, ca sursă importantă de energie. Pentru anul 1991, statisticile menționează următoarele producții de energie electrică provenită din energie eoliană: SUA – 12.300 Terrajoules; Danemarca – 2.770 Terrajoules; Olanda – 258 Terrajoules; Canada – 114 Terrajoules; Belgia – 29 Terrajoules; Suedia – 21 Terrajoules; India – 21 Terrajoules; Anglia – 12 Terrajoules; Portugalia – 3 Terrajoules. În 1994, în Danemarca funcționau 3.600 turbine de vânt, care asigurau 3% din producția de energie electrică a țării. În California concentrarea este încă şi mai mare: 15.000 de turbine asigură consumul anual de energie al oraşului San Francisco. La finele anului 1993, funcționau în lume 20 000 de turbine de vânt care produceau 3 000 MWh energie electrică.

S-au făcut mari progrese şi în ce priveşte construcția turbinelor eoliene. Instalațiile actuale sunt realizate pentru a furniza între 300 şi 750 kWh pe turbină, în comparație cu 100 kWh a modelelor de la sfârşitul anilor 1980. Noile generatoare au palete mai uşoare şi mai aerodinamice, construite din materiale sintetice, o legătură îmbunătățită între rotor şi arborele acestuia, un lanț de transmisie superior, noi modalități de control al mişcării paletelor, precum şi o electronică de putere sensibil mai avansată, inclusiv pentru un regim variat de viteze, ceea ce permite turbinelor o funcționare mai eficientă la curenții de aer de diferite intensități. Noile proiecte sunt mai puțin costisitoare şi pot evolua şi în regimuri mai puțin intense ale vitezei vântului. În 1994, producătorii de energie cu noile modele au semnat contracte de livrare a energiei electrice la prețul de 4÷5 cenți/kWh.

O etapă favorabilă în exploatarea energiei eoliene începe în 1994 când şi-au exprimat interesul major în această direcție mai multe țări ale lumii. Pe această linie se înscriu autoritățile din Germania, Anglia, Grecia, Spania, Olanda şi alte țări. În total, membrii Uniunii Europene prevăd instalarea a 4 000 MW obținuți prin conversia energiei eoliene. La jumătatea anului 1994, în Europa erau deja funcționali 1 400 MW.

Față de această sursă de energie au manifestat interes multe țări subdezvoltate din punct de vedere economic. Astfel, guvernul indian a acordat particularilor facilități de producție şi reduceri de taxe pentru

dezvoltarea unor surse de energie reciclabilă. Intenții similare se constată, de fapt, şi în alte țări, indiferent de gradul de dezvoltare al acestora. În China, Irlanda, Noua Zeelandă, Elveția, Canada ş. a. se manifestă intenții de dezvoltare a capacităților de conversie a energiilor eoliene şi solare.

Curenți de aer sunt din abundență. Scoțând din calcul regiunile sensibile, se apreciază că potențialul global al energiei eoliene este aproximativ de cinci ori mai mare decât toată cantitatea de energie electrică produsă actualmente pe Terra. Dar, faptul că încă nu s-a dezvoltate acest sector de conversie energetică înseamnă că sunt dificultăți de ordin tehnic, nu numai economic. Astfel, energie furnizată de turbinele eoliene creşte cu puterea treia a vitezei vântului, însă şi solicitarea instalațiilor, de unde dificultățile tehnice de construcție a acestora. Variabilitatea vremii (vitezei vântului) este foarte pronunțată, fapt ce impune realizarea unor instalații adecvate de stocare a energiei (similară bateriei de acumulatori de la un automobil) însă mai sunt multe dificultăți de învins pentru a le realiza pe acestea la condiții optime de exploatare. De asemenea, zonele adecvate de exploatare sunt, în general, la mare depărtare de centrele urbane fapt ce necesită realizarea rețelelor de transport pentru energia electrică de la producător la consumatori. De exemplu, în SUA aproape 90% din zonele bântuite de vânturi favorabile conversiei energiei eoliene se află în Marile Câmpii, adică la peste 1 000 km de Chicago sau 2 000 km de New York sau Los Angeles. În unele situații se impune construirea de noi linii de transport al energiei, sau se va recurge la prelungirea celor existente, prin îmbunătățirea controlului electronic sau folosirea unor fire ceramice supraconductoare – soluții în curs de aplicare.

Puterea vântului (energia dezvoltată în unitatea de timp) poate fi calculată folosind conceptul de energie cinetică. Energia disponibilă este energia cinetică a vântului. Pe baza calculelor a fost stabilită următoarea relație a puterii unui aeromotor:

$$N = k \cdot S \cdot v^3 \text{ [CP]}$$

unde N este puterea în CP; S – suprafața totală a aripilor, în m^2; v – viteza vântului, în m/s, iar k este un coeficient stabilit experimental. Acest coeficient a fost stabilit experimental astfel:

- la morile vechi de vânt, k = 0,0004 = 1/2500;
- la morile de vânt mai noi, k = 0,005 = 1/2000;
- la turbinele eoliene moderne, k = 0,00066 = 1/15000;
- la motoarele eoliene moderne, k = 0,001...0,002 = 1/1250.

Valoarea randamentului este determinat ca fiind 59,3%. Puterea utilă a unei instalații eoliene creşte odată cu suprafața măturată de paletele rotorului, întrucât o suprafață mai mare vine în contact cu o cantitate mai mare de aer în mişcare.

Celulele solare fotovoltaice sunt, actualmente, cele mai moderne mijloace de conversie a energiei solare direct în energie electrică.

Ele sunt dispozitive semiconductoare confecționate din siliciu, similar celui folosit la cipurile calculatoarelor, dar mult mai ieftin, care transformă energia radiantă în electroni mobili, economisind astfel turbinele

şi generatoarele mecanice care produc în prezent, practic, toată electricitatea de pe glob. Ele au la bază fenomenul fotovoltaic descoperit încă din 1838 de omul de ştiinţă francez Alexandre Edmund Bequerel (1820-1891) că ***lumina incidentă pe anumite materiale poate produce scânteie electrică***. Aplicaţiile practice, ale acestui fenomen, au început în 1954, când Laboratoarele Bell (SUA) au construit prima celulă solară cu siliciu. Primele aplicaţii ale acestora au început la sfârşitul anilor '60, când celulele solare aprovizionau energetic sateliţii americani. Se apreciază, însă, că până în anul 2030 celulele fotovoltaice vor fi puse la îndemâna tuturor, putând fi utilizate la alimentarea cu energie electrică de la calculatoarele de buzunar, la un mare oraş.

În prezent se continuă cercetarea ştiinţifică pentru optimizarea tehnico-economică a sistemelor de conversie a energiei solare cu ajutorul celulelor fotovoltaice. Deja s-au obţinut rezultate importante, concretizate în faptul că, în ultimele două decenii, costul energiei electrice obţinută cu ajutorul celulelor fotovoltaice a scăzut de la 30 dolari/kWh la 30 de cenţi/kWh. Totodată a crescut şi cererea acestor produse, dublându-se la mai puţin de cinci ani. Aceste reduceri de cost face ca pomparea apei în gospodăriile izolate cu ajutorul energiei electrice obţinută cu ajutorul celulelor fotovoltaice să fie mai ieftină decât folosirea energiei electrice produsă cu grupuri diessel.

6.7. Energia nucleară

Descoperirea fisiunii nucleare a dat mari speranţe omenirii în rezolvarea problemei energetice a comunităţii umane. Dar, ca orice progres tehnico-ştiinţific, are atât utilizări în scopul creşterii calităţii vieţii, cât şi în direcţia distrugerii acesteia. Şi în acest caz, lansarea bombelor atomice asupra oraşelor japoneze Hiroşima şi Nagasaky, la 6 august şi respectiv 9 august 1945.

Utilizarea energiei atomice în scopuri paşnice începe prin darea în exploatare a primei centrale electronucleare în fosta URSS în 1954; a urmat Anglia în 1956 şi SUA în 1958.

Actualmente sunt în exploatare peste 400 de centrale electronucleare care au produs, la nivelul anului 1996, 2497,2 miliarde kWh energie electrică, tabelul 6.8.

Ţările membre ale G7, minus Italia, dar plus Rusia, produc 77,22% din energia electronucleară mondială. Italia este singura ţară foarte dezvoltată din punct de vedere tehnico-ştiinţific şi economic care nu are centrale electronucleare în exploatare. Are mai multe asemenea obiective în construcţie (peste 10), dar a căror lucrări au fost sistate de multă vreme. La sfârşitul anului 1985 parlamentul italian deblocase continuarea lucrărilor, însă, accidentul de la Cernobâl, din 26 aprilie 1986, a determinat sistarea din nou a construcţiei acestora.

Principiul generării energiei electrice în centralele electronucleare este asemănător celuia de la termocentralele clasice pe cărbune, gaze, păcură, biomasă etc. Particularitatea o constituie combustibilul utilizat.

Tabelul 6.8

Unele date statistice privind utilizarea energiei nucleare

Țara	Indicatori de comparație					
	Producția de energie electronucleară, Miliarde kWh (1996)	% din producția mondială	Număr de reactoare în funcțiune, în 1996	Număr de experiențe nucleare (militare), până în 1998	Număr de focoase nucleare militare, până în 1998	Raza de acțiune a armamentului nuclear, km
1	2	3	4	5	6	7
Mondial	2497,2	100,00	437	2012	35652	-
SUA	693,6	27,77	109	1030	12070	13000
Franța	429,6	17,20	56	210	500	5300
Japonia	301,2	12,06	51	-	-	-
Germania	157,2	6,29	20	-	-	-
Rusia	134,4	5,38	29	715	22500	11000
Canda	122,4	4,90	21	-	-	-
Anglia	90,0	3,60	35	45	380	12000
China	12,27	0,49	3	45	450	11000
Italia	-	-	-	-	-	-
România	-	-	-	-	-	-

La experiențe nucleare şi înarmare nucleară mai participă: India, Pakistan, Israel.
Unitățile de măsură energetice: 1 Btu = 0,293 Wh; 1 J = 1 W.s; Quadrilion = Peta = 10^{15}; Miliard = 10^{9}; Bilion = Terra = 10^{12}.

6.8. Probleme ecologice legate de producția de energie

Toate metodele de actualizare a energiei stocate pe Pământ, din transferul acesteia din Cosmos, ridică multe probleme cu caracter ecologic, de degradare şi protecție a mediului înconjurător.

Întrucât, aşa cum rezultă din figura 6.1, consumul de combustibili fosili asigură circa 79% din producția de energie şi este şi cu un impact nefavorabil asupra mediului înconjurător, vom lua în considerare, la început impactul produs de funcționarea unei termocentrale pe combustibili fosili cu mediul ambiant. Principalele fluxuri de masă din centralele termoelectrice cu abur, cu mediul înconjurător, produc următoarele influențe şi poluări:

- poluarea atmosferică prin evacuarea gazelor de ardere purtând cenuşă, bioxid de sulf şi oxizi de azot, produse inerente arderii combustibilului. Se exclude posibilitatea evacuării la coş a oxidului de carbon şi a evacuării unor derivate din hidrocarburi ca urmare a arderii chimic incomplete, dat fiind nivelul de control al arderii la focarele cazanilor energetice;

- încălzirea cursurilor de apă servind pentru răcirea instalațiilor până la sau dincolo de nivelul temperaturii care defineşte poluarea termică a râurilor;

- evacuarea în atmosferă a unor mase de aer încălzit şi umidificat;

- descărcarea în emisari, ape de suprafață, a unor soluții chimice diluate, putând conduce la o poluare chimică; evacuări de la instalațiile de tratare a apei, purjări şi goliri de la cazane şi de la turnurile de răcire, deversări de la depozitele de cenuşă şi de la cele de deşeuri, nămoluri de la instalații de desulfurare a gazelor, tratării chimice, instalații de combustibil;

- reducerea locală a radiației solare cauzată de opacitatea fumului şi a nebulozității artificiale create;

- zgomot de la maşinile rotative, de la ploaia din turnurile de răcire şi accidental de la eşapările de abur;

- impactul vizual al elementelor de construcție mari, coşuri înalte până la 280 m în țara noastră şi până la 400 m pe plan mondial, turnuri de răcire cu diametre de 80-120 m şi înălțimi până la 160 m;

- antrenări de praf de pe depozitele de cărbuni (cu capacități de peste un milion de tone) şi de pe suprafețele desecate ale depozitelor de cenuşă.

Abordarea globală a acestor probleme nu este posibilă. De asemenea, înlăturarea acestor deversări nu este posibilă. Măsurile care se iau sunt de domeniul reducerii agresivității noxelor, de exemplu pentru neutralizarea emanațiilor de bioxid de sulf şi a oxizilor de azot. Cum ? Prin procedee chimice adecvate de desulfurare şi reținerea oxizilor de azot.

La aplicarea metodelor respective, trebuie avut în vedere că desulfurarea consumă energie suplimentară din cauza rezistenței pe care o introduce în curentul gazelor de ardere (ca ordin de mărime de zece ori mai mare decât rezistența electrofiltrului) şi din cauza reîncălzirii gazelor.

Desulfurarea pune şi unele probleme secundare, de natură logistică. Aplicarea desulfurării umede la un bloc de 330 MW pe lignit ar necesita un consum de circa 5 t/h piatră de var şi ar produce 7,5 t/h gips umed. Desulfurarea aplicată CTE-urilor însumând puteri de 10 000 MW, cu o producție anuală de 40 TWh, pe cărbuni, ar consuma 600 000 t calcar şi ar produce ca deşeu 900 000 t gips comercializabil după prelucrare.

Oxizii de azot reprezintă noxe pentru care, de asemenea, s-au efectuat cercetări şi au început să se impună măsuri de reducere. Denumiți cu termenul general NO_x, aceştia cuprind compuşii: NO, NO_2 şi NO_3, dintre care cel mai periculos pare a fi NO_2, cu efecte inflamatorii asupra căilor respiratorii şi cu formare de acid nitric HNO_3, sub formă de aerosoli, agresiv pentru suprafețele metalice şi cele vopsite ca şi pentru plante în general şi prezent în fenomenul de "smog" de fotosinteză.

Oxizii de azot se formează din interacțiunea azot-oxigen, la arderea atmosferică, la temperaturi înalte, în focare şi în camere de ardere şi provin atât de la cazanele cu abur cu focare cu temperaturi peste 1000^0C cât şi de la turbinele cu gaze şi motoarele cu ardere internă din transporturi.

Cantitatea de NO_x depinde fundamental de excesul de aer, deci de calitatea conducerii arderii, precum şi de combustibilul folosit şi de felul focarului. La focarele cu temperaturile cele mai ridicate, la păcură şi la huilă cu evacuarea zgurii în stare topită, concentrația atinge 1,8 g/m^3, în timp ce la focarele cu lignit în stare pulverizată se ridică la 0,4-0,8 g/m^3. La arderea cărbunelui în focare în pat fluidizat, concentrația de NO_x este limitată în medie la 0,2 g/m^3, iar la arderea pe grătare cu strat fix până la 0,33 g/m^3.

Cercetările efectuate au arătat că proporția de NO_2 reprezintă circa 60% din totalul oxizilor de azot.

Cercetările efectuate în Suedia privind desulfurarea gazelor de la termocentrale şi reținerea oxizilor de azot, au arătat că ridică costurile producerii energiei electrice cu 40-50%, în funcție de procentul de sulf în combustibil, dependent de natura combustibilului.

La evaluarea efectelor negative determinate de impactul cu mediul înconjurător al sistemelor de producție energetice trebuie avut în vedere şi faptul că peste 7 miliarde tone de CO_2 sunt difuzate în aer tocmai de acestea, răspunzător de efectul de seră.

Desigur, sunt şi alte efecte care vor fi menționate în conținutul capitolelor următoare.

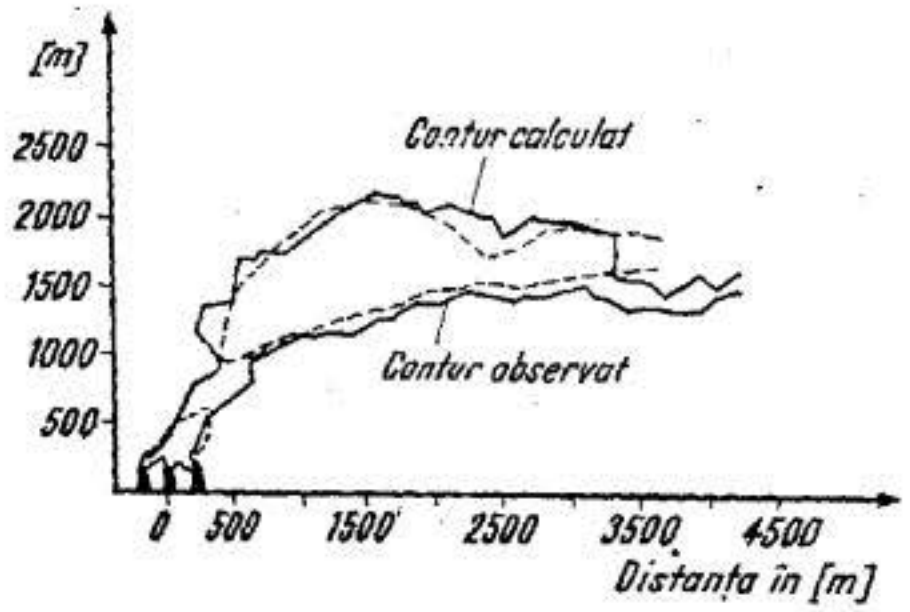
6.9. Influența conversiei electronucleare a energiei asupra mediului înconjurător

Toate metodele de actualizare a energiei stocate pe Pământ, din transferul acesteia din Cosmos, ridică multe probleme cu caracter ecologic, de degradare şi protecție a mediului înconjurător. Conversia electronucleară prezintă însă multe particularități în comparație cu celelalte metode de conversie energetică în termocentrale, utilizând drept combustibil biomasa sau combustibili fosili.

Întreprinderea ***Elecricité de France*** a efectuat o cercetare amplă, începând cu anul 1979, asupra amplasamentului centralei electronucleare de la Bugey, cu puterea electrică 3600 MW, evacuând în atmosferă o putere termică de 7200 MW.

Concluziile acestor cercetări au arătat că atmosfera locală a radiației solare, sub norul artificial, conduce la o micşorare a temperaturii de

0,5÷1 ^{0}C, ziua pe timp senin. În schimb noaptea se constată o creştere a radiaţiei atmosferice sub nor, ce atinge 10 W/m^2, însoţită de o creştere a temperaturii cu până la 1,5 ^{0}C. Valoarea reducerii insolaţiei pe distanţe de 1,5÷3 kilometri în jurul turnurilor de răcire este cuprinsă între 2 şi 5%. Durata însoririi naturale fiind de 2 000 h pe amplasament, această reducere reprezintă circa 40÷100 h pe an. Reducerea este mai mică decât variaţia naturală a insolaţiei de la an la an.



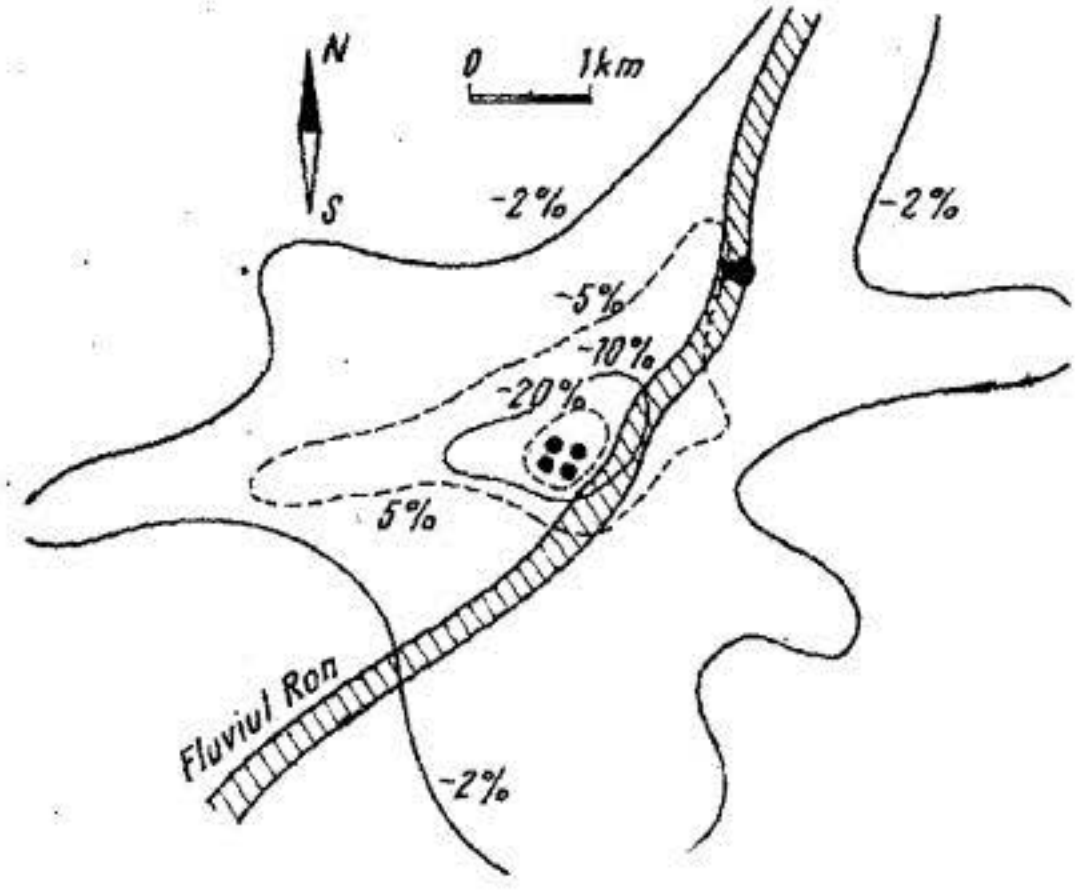


Fig.6.2. Efectul evacuării aerului încălzit şi umidificat la o centrală nucleară-electrică de mare putere răcită în circuit închis (Bugey – Franţa): a – secţiune prin nebulozitatea artificială creată, comparaţie între observaţie şi calcul, într-o zi însorită de martie, orele 16,00; b – reducerea însoririi măsurată timp de un an în jurul amplasamentului pe baza observaţiilor fotografice

În ceea ce priveşte radiația totală, aceasta are o micşorare cuprinsă între 4÷6%. Nu s-au semnalat ecarturi semnificative de umiditate, temperatură medie şi precipitații în zona învecinată.

Norul artificial este puternic vizibil pe cer senin, pe o lungime cuprinsă între 1 şi 5 kilometri, în medie pana de abur având o lungime de 1,6 kilometri şi o formă oblică până la o altitudine care poate atinge maximum 2 000 m. În figura 6.2 (a şi b) sunt prezentate secțiunea verticală mediană a norului şi planul cu curbele ce indică efectul de reducere asupra insolării măsurat în decursul unui an.

Întrucât, aşa cum s-a specificat anterior, centralele electronucleare funcționează pentru producerea energiei electrice, la fel ca şi termocentralele clasice care utilizează ca sursă de termică biomasa sau combustibili fosili, şi acestea vor avea nevoie de răcire în vederea obținerii condensului. Întrucât sursa termică este combustibilul nuclear, care asigură o temperatură medie a aburilor mai ridicată decât celelalte surse termice, ***raportul între puterea la bornele generatorului electric şi ale puterii termice evacuate în sursa rece, la centralele electronucleare este de 1,85÷2 MW/MW***.

Nivelul de temperatură al sursei reci influențează în mod fundamental randamentul ciclului termic. Acesta este cu atât mai bun cu cât temperatura sursei reci este mai coborâtă, de unde tendința de folosire a apelor de suprafață, râuri şi lacuri drept suport al puterii termice evacuată din centralele termoelectrice. Această căldură evacuată implică debite mari de apă de răcire, mai ales la centralele nucleare şi conduce la o ridicare de temperatură a apei de răcire circulând în circuit deschis de 8÷10^{0}C, valoare definită în mod curent prin optimizarea dimensionării instalațiilor.

Ridicarea de temperatură a apei râului are efecte negative asupra echilibrului biologic aquatic dacă se depăşeşte temperaturi de 30÷32^{0}C. Temperatura devine letală pentru unele specii de peşti, reduce capacitatea de autocurățire a apei, micşorând conținutul de oxigen în timp ce proliferează o serie de alge şi microorganisme care majorează solicitarea de oxigen biologic.

Având în vedere ordinul de mărime al debitelor necesare, pentru răcire în circuit deschis a centralelor termoelectrice, intră în discuție numai fluvii şi râuri mari din zona de şes, adică ape care au traversat localități şi au fost utilizate ca mediu de răcire în emisar de diferite industrii, fiind considerate ecologic din categoria III. În consecință, pentru aceste ape reglementările din țara noastră admit o încălzire vara de 3÷5^{0}C.

Dar, centralele termoelectrice sunt mari utilizatoare de apă, nu însă şi consumatoare. Debitul preluat şi nerestituit se datorează în primul rând pierderilor prin evaporare şi prin antrenare la turnurile de răcire. Consumurile pentru acoperirea pierderilor de abur în circuitul termic sunt neglijabile, iar la centralele de termoficare consumul de apă pentru înlocuirea masei aburului livrat la consumatori fără a primi înapoi condensatul aferent să se ridice până la 1% din debitul de răcire, dar ele reprezintă un consum tehnologic al industriilor care primesc şi nu al centralei electrice.

Potrivit datelor practice, în medie, debitul de apă prin evaporare şi antrenare de picături însumează vara cel mult 2% din debitul apei de răcire, şi iarna 1,3% la centralele termoelectrice moderne, respectiv 2,6% şi 1,6% la cele nucleare, cu abur saturat. Cantitatea de apă extrasă din bilanțul general de apă al țării poate reprezenta în medie 2,3 //MWh la centralele convenționale şi va fi de circa 2,8 //MWh la cele nucleare, pentru instalații răcite în circuit închis. De fapt, dacă considerăm şi efectul secundar al căldurii evacuate în râuri care se disipează în final, tot prin evaporare suplimentară, într-o primă aproximație, şi cota de răcire în circuit deschis ar trebui afectată, din punct de vedere al bilanțului de ansamblu al apei, cu acelaşi consum, ca şi la răcirea în cercuit închis. De observat că pierderile prin evaporare suplimentară în râuri au loc progresiv, pe lungimea cursului de apă până la revenirea la temperatura naturală.

La toate turnurile de răcire aerul încălzit şi încărcat cu umiditate este evacuat în atmosferă, formându-se un curent ascendent, cu caracter difuziv.

Pe măsură ce aerul cald se răceşte în contact cu mediul după ieşirea din turn, umiditatea adițională condensează, formând o nebulozitate artificială. Acesta este un alt impact al răcire în circuit închis, cu turnuri de răcire, asupra mediului înconjurător.

În țara noastră nu s-au constatat schimbări de microclimat în jurul centralelor electrice ca urmare a acestui influx de aer cald şi umed, pentru cazurile existente, în care puterea termică evacuată în sistemul de răcire a avut valori de până la 1 000÷1 500 MW. Lipsa de consecințe negative asupra vecinătăților se datorează şi faptului că în condițiile climatice din zonele de şes ale amplasamentelor de la noi din țară, aerul are vara o umiditate redusă, iar norul vizibil produs prin condensarea umidității este foarte limitat.

Singurul impact asupra mediului poate fi considerat că are loc iarna prin depuneri suplimentare de polei pe raze de până la 500 m în jurul turnurilor de răcire, cu consecințele respective asupra drumurilor din vecinătate şi asupra ieşirilor liniilor electrice aeriene din centrală. Toate aceste consecințe sunt însă minore. La o creştere a concentrărilor de putere pe un singur amplasament, aerul cald şi umed va putea avea efecte semnificative precum:

- variații locale de temperatură, de umiditate şi de insolație;
- favorizarea unor ploi locale sau antrenarea precipitării unor nori naturali datorită evoluției spre stadii de precipitare a norilor artificiali creați;
- pene de abur vizibile de la mari distanțe ce ar putea fi considerate ca poluare estetică a peisajului.

În concluzie, efectul centralelor termoelectrice, deci şi cele electronucleare, asupra cursurilor de apă de suprafață poate fi redus la niveluri acceptabile prin investiții suplimentare în turnuri de răcire şi prin respectarea unor programe de folosire a apei în circuit mixt, în funcție de temperatură, de debitul afluent şi de puterea momentului produsă de instalația energetică.

Există însă o intensă mediatizare privind pericolul pe care îl prezintă centralele electronucleare. Fără îndoială că şi această metodă de conversie energetică prezintă şi efecte negative în impact cu mediul înconjurător.

În primul rând există deşeurile radioactive; atât deşeurile cât şi efluenţii produşi de centrele de cercetare şi mai ales de instalaţiile nucleare sunt constituite din substanţe solide, lichide şi gazoase.

Efluenţii gazoşi sunt, în general, dispersaţi în aer prin coşuri foarte înalte, după ce au fost filtraţi într-un mediu cald pentru a-i separa de părţile solide şi lichide şi făcuţi să treacă prin camere şi tuburi de cărbune activ. Singura precauţie ce trebuie adoptată este aceea de a controla radioactivitatea aerului din vecinătatea coşului, pentru a regla ieşirea gazelor care, de altfel, au o radioactivitate foarte limitată.

Efluenţii lichizi, puternic radioactivi, sunt trataţi chimic cu diferite substanţe, concentraţi succesiv şi apoi închişi ermetic în recipiente speciale care se îngroapă. Lichidele mediu radioactive sunt mai întâi floculate (tratate cu săruri de aluminiu) şi apoi trecute prin diverse soluţii speciale care servesc la precipitarea sărurilor mediu radioactive, care trebuie să fie păstrate în recipiente speciale, sigilate şi îngropate. Apele reziduale sunt în mod obişnuit deversate deoarece sunt foarte puţin radioactive. Lichidele slab radioactive nu sunt tratate, ci dispersate în adâncul mării, ori în puţuri speciale, săpate în terenuri argiloase.

Deşeurile solide sunt păstrate în cavităţi ale terenului, protejate astfel încât accesul la ele să fie imposibil, ori în caverne sau, oricum, sub pământ, la o adâncime apreciabilă. S-a recurs chiar la imersiunea lor în adâncul mărilor, după ce au fost închise în rezervoare de oţel inoxidabil sau în blocuri de ciment.

În ultimul timp, îşi face tot mai mult loc concepţia privind necesitatea retratării deşeurilor nucleare, în locul depozitării lor. Specialiştii nu sunt însă unanimi în ceea ce priveşte eficienţa economică a retratării. Unii adepţi ai stocării argumentează că retratarea presupune costuri excesive. Multe ţări – cu excepţia Franţei, Germaniei, Marii Britanii şi Japoniei, care au decis construirea sau mărirea capacităţilor de retratare – au hotărât să rămână în expectativă. Este şi cazul Statelor Unite.

Franţa se numără printre cei mai fermi partizani ai retratării. Nimic surprinzător în aceasta, de vreme ce, pe de o parte, este ţara care depinde cel mai mult de energetica electronucleară (peste 70%). Pe de altă parte, Compania generală pentru materiale nucleare (GOGEMA) tratează deja la uzina din La Hague 80% din combustibilii iradiaţi din filiera cu apă uşoară, indiferent de proveniență, restul de 20% fiind tratate în Germania şi Japonia.

Tratarea combustibilului iradiat nu este, în sine, prea complicată. După ce rămân cel puţin un an în apropierea reactoarelor nucleare care le-au produs, timp în care deşeurile îşi pierd o parte din radioactivitate, combustibilii iradiaţi sunt transportaţi spre uzinele de retratare, unde sunt din nou stocaţi pentru o perioadă de doi ani. Apoi, prin metode mecanice sau chimice, sunt curăţaţi de înveliş înainte de a fi dizolvaţi în acid nitric. Nitraţii de uraniu şi de plutoniu sunt separaţi cu ajutorul unui solvent organic şi, în final, livraţi în formă solidă. Se

spune că operațiunea ar putea fi considerată chiar banală dacă n-ar avea ca obiect materii radioactive, care interzic orice intervenție umană în cazul unei defecțiuni şi necesită măsuri complexe de securitate. Operațiunea este rentabilă numai pentru acele țări care dețin centrale nucleare cu o putere totală de cel puțin 25 000 ÷ 30 000 MW.

Retratarea a fost aleasă ca soluție spre sfârşitul anilor '60, în perspectiva unei tensiuni pe termen lung a prețului uraniului şi în special al lansării în serie industrială, în anii '90, a unei noi generații de centrale – supergeneratoarele – capabile să folosească drept combustibil plutoniul extras prin retratare.

Se poate observa avantajele energiei electronucleare în comparație cu celelalte forme de actualizare energetică. Atunci când un nucleu de uraniu-235 fisionează în urma absorbirii unui neutron, el eliberează o energie de circa 190 MeV. Un calcul simplu arată că dacă fisionează toate nucleele conținute într-un kilogram de uraniu-235, se va elibera o energie de circa 19 miliarde de calorii. Pentru orientare asupra uriaşei energii eliberate prin fisiune, se poate considera căldura eliberată prin arderea unui kilogram de cărbune – 7500 calorii. Sau, ***un kilogram de uraniu-235, prin fisiune, va elibera aceeaşi căldură care s-ar obține prin arderea a 250 tone de cărbune***. De fapt, nu întâmplător, după cum rezultă din tabelul 6.8, ***şase țări dezvoltate industrial: SUA, Franța, Japonia, Germania, Canada, Anglia, produceau, în 1996, 71,75% din producția mondială de energie electronucleară***. Din acelaşi tabel 6.8, se observă că şi ***numărul termocentralelor electronucleare în cele şase țări este de 292, din 437 total, adică 67%***. Ca atare devine nemotivată ştiințific politica dusă de marile puteri de a împiedica realizarea de centrale termonucleare în țările mici şi mijlocii, deşi sunt instalațiile de conversie energetică cu cele mai mici influențe asupra mediului înconjurător.

Instalațiile care pot realiza un proces de fisiune printr-o reacție în lanț au fost numite ***reactori nucleari***. Primul reactor nuclear a fost pus în funcțiune la 2 decembrie 1942, la Chicago, de un grup de fizicieni condus de italianul Enrico Fermi. În acea zi memorabilă, pentru prima dată oamenii au reuşit să obțină o reacție nucleară în lanț, capabilă să se auto-mențină.

Principiul de funcționare a unui reactor nuclear este destul de simplu, figura 6.3. Un neutron lent produce scindarea unui nucleu de uraniu-235 care, în procesul de fisiune emite şi 2-3 neutroni rapizi. Pentru ca aceşti neutroni să poată produce fisionarea altor nuclee de uraniu-235, ei trebuie să fie încetiniți. În acest scop trebuie folosite substanțe moderatoare care, amestecate potrivit cu uraniul, încetinesc neutronii rapizi emişi în procesul de fisiune. Încetinirea se produce prin ciocnirea elastică a neutronilor rapizi cu atomii moderatorului.

Printre moderatorii cei mai eficienți se află apa grea, beriliul, oxidul de beriliu şi grafitul. Moderatorii încetinesc neutronii rapizii (circa 1 MeV) până când energia lor atinge o valoare de ordinul sutimilor de electron-volt.

Producția de reactori nucleari a proliferat rapid şi actualmente, pe glob, sunt în funcțiune numeroase astfel de instalații, de diferite tipuri, cele

mai numeroase însă fiind asociate cu generatoare electrice, constituind aşa-numitele *centrale atomoelectrice* sau *centrale nuclearoelectrice*.

În prezent, se consideră că cel mai eficient reactor nuclear cu uraniu natural este varianta canadiană CANDU (reactoare utilizate şi la centrala atomoelectrică de la Cerna Vodă), puterea maximă obținută fiind de circa 660 magawați-electrici (Mwe).

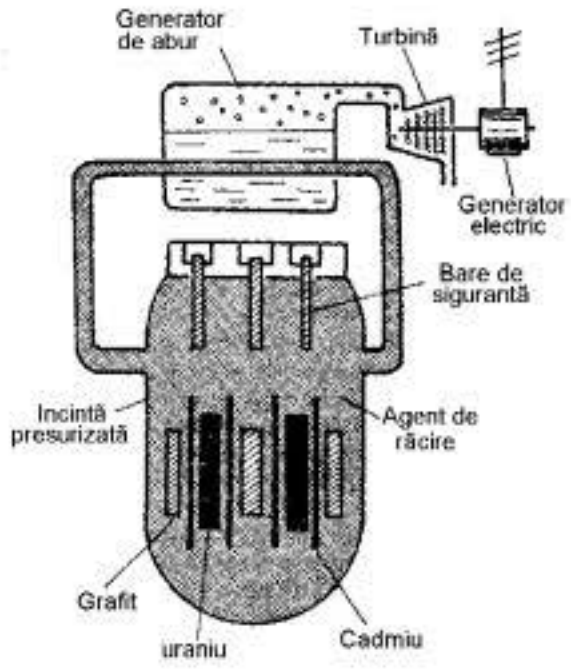


Fig.6.3. Reactor nuclear

Pe baza acestei prezentări de principiu a caracteristicilor generale ale producerii energiei atomice, considerăm că se poate observa că este un agent termic cu putere energetică concentrată deosebit de mare, fapt ce o face eficientă în înlocuirea combustibililor fosili în obținerea energiei electrice în termocentrale.

România, prin unitatea 1, de la Cerna Vodă, pusă în funcțiune în 1996, livrează sistemului energetic național circa 5.000.000 MWh/an, la un preț competitiv, reprezentând echivalentul a 23 US$/MWh. Procentul reprezentat de energia nucleară în sistemul energetic național este de circa 11%. Din punct de vedere al emisiilor în mediul înconjurător, Unitatea 1 contribuie la reducerea semnificativă a acestora, evitându-se producerea a 1,5 la 4,5 milioane tone CO_2 anual, funcție de tipul de combustibil ars înlocuit. Din punct de vedere al emisiilor radioactive, Unitatea 1 evacuează în mediu sub 1% din doza legală acceptată în România pentru populație sau sub 0,5% din fondul natural radioactiv, valori cu totul nesemnificative. Reduce importul a circa 1,4 milioane tone de petrol/an.

Procentul de consum de electricitate nucleară (Martie 1998) în balanța energetică a unor țări

Țara	[%]	Țara	[%]	Țara	[%]
Lituania	81,5	Coreea de Sud	34,1	Argentina	11,4
Franta	78,2	Germania	31,8	România	9,7
Belgia	60,1	Finlanda	30,4	Mexic	6,5
Ucraina	46,8	Spania	29,3	Africa de Sud	6,5
Suedia	46,2	Taivan	29,1	Olanda	2,8
Bulgaria	45,4	Marea Britanie	27,5	India	2,3
Slovacia	44,0	Armenia	25,7	Brazila	0,8
Elvetia	40,6	Statele Unite	20,1	China	0,6
Slovenia	39,9	Republica Cehă	19,3	Kazahstan	0,6
Ungaria	39,9	Canada	14,2	Pakistan	0,6
Japonia	35,2	Federatia Rusă	13,6		

Sursa: AEA Bulletin 30/3/1998

6.10. Decarbonizarea combustibililor

În septembrie 2000, la deschiderea Jocurilor Olimpice de la Sydnei, Australia, sportivii au avut o surpriză privind sistemul energetic al Satului Olimpic. Pe acoperişurile clădirilor ce-i adăposteau erau instalate panouri de captare a energiei solare, care realizau alimentarea energetică a Satului Olimpic. La închiderea Olimpiadei, satul a devenit o ***suburbie solară*** cu 1500 de locuințe care, conform calculelor proiectanților, vor elimina anual cele 7000 tone de substanțe poluante, care ar fi fost generate de termocentralele alimentate cu cărbune, ce asigura, până la Olimpiadă, majoritatea energiei în Sydnei.

Soluțiile energetice, pentru Satul Olimpic de la Sydnei, se încadrau într-o preocupare mai largă a specialiştilor, de a întreprinde ceva, în scopul reducerii intensității degajării de CO_2 în atmosferă, acțiune cunoscută sub numele de decarbonizarea combustibililor.

Prin combustie se produce un proces de ardere. Ori arderea este o reacție chimică, însoțită de o dezvoltare de căldură şi uneori de emisie de lumină, considerată de obicei reacție de combinare a elementelor unei substanțe cu oxigenul. O degajare substanțială de căldură se produce la reacția carbonului şi hidrogenului cu oxigenul, reacții în urma cărora rezultă CO_2 şi H_2O, fapt pentru care majoritatea surselor de energie se bazează pe „arderea" unor substanțe bogate în carbon şi hidrogen. Reacții „pure", de degajare de gaz sub formă de CO_2 şi H_2O, se pot produce în procesul de ardere a gazului metan pur, CH_4. Dar, cum nu există gaz metan pur, nu vor rezulta nici substanțe pure de ardere CO_2 şi H_2O, ci vor rezulta şi alte produse secundare ale procesului de ardere. Intensificarea proceselor de ardere, necesare obținerii nevoilor mereu crescânde de energie, a condus şi la intensificarea degajării de CO_2, respectiv H_2O. Cum problema poluării atmosferice cu CO_2 o vom trata mai târziu, aici, vom sublinia numai posibilitatea reducerii degajării de CO_2, pe calea renunțării la substanțe de ardere pe bază de carbon, de ***decarbonizare a combustibililor***.

Descoperirea focului a însemnat începutul formării civilizației umane, folosindu-se pentru aceasta biomasa tradițională – lemnul.

În 1850, pădurea oferea circa 90% din energia mondială. Dar, după ce o dată cu creşterea densității populației şi reducerea masivă a suprafețelor împădurite, după 1890, a apărut un alt purtător de energie şi anume: cărbunele. Cu toate că nu s-a observat la vremea respectivă, noul tip de combustibil producea mai puțin CO_2 pe unitatea de energie şi mai mult H_2O (în constituția cărbunilor existau câteva molecule de carbon pentru fiecare moleculă de hidrogen, însemnând o proporție de 10 la 1 pentru lemn). Aceasta a fost ***prima fază a decarbonizării energiei***.

Revoluția automobilistă de la începutul secolului al XX-lea, a însemnat şi creşterea în importanță a altui purtător de energie şi anume: petrolul. Prin anii 1960, petrolul a trecut înaintea cărbunelui, ca importanță energetică. Conținând o singură moleculă de carbon pentru două molecule de hidrogen, petrolul a marcat trecerea spre ***a doua fază a decarbonizării***.

La sfârşitul secolului al XX-lea, petrolul încă sursa energetică principală, intră în concurență cu un alt carburant – gazul natural – care arde mult mai eficient, circulă printr-un complex de instalații superioare celor de petrol şi este renumit ca fiind cel mai curat combustibil fosil. Gazul natural are în constituție o singură unitate de carbon la patru unități de hidrogen (CH_4), astfel devine mai puțin poluant decât petrolul, marcând începutul celei de ***a treia faze a decarbonizării combustibilului***.

Acum, la începutul secolului al XXI-lea, se conturează perspectiva intrării în cea de ***a patra fază a decarbonizării***, prin decarbonizarea completă a unora din combustibili, intrarea în ***faza producerii şi utilizării hidrogenului ca purtător principal al energiei potențiale***. Trecerea de la fazele precedente, de înlocuire treptată a carbonului cu hidrogenul ca sursă energetică ce a avut loc aproximativ între 1860 şi 1990, la faza ultimă de înlocuire totală a carbonului ca purtător de energie potențială va duce, evident, la o scădere accentuată a fluxului de CO_2 în atmosfera terestră şi reducerea efectului de seră.

Hidrogenul – cel mai uşor şi mai abundent element din Univers – este cunoscut mai ales pentru utilizarea lui drept combustibil pentru rachete. În prezent, hidrogenul este produs mai ales prin reciclarea gazului natural pentru a fi apoi folosit într-o serie de scopuri industriale, de pildă în producția de îngrăşăminte chimice, răşini, plastic şi solvenți. Hidrogenul este transportat pe cale ferată, cu camionul şi prin conducte şi este păstrat în stare lichidă sau gazoasă.

Se prevede că datorită progreselor făcute în tehnologiile spațiale, hidrogenul va fi folosit în curând sub formă de celulă de combustie.

Această celulă este o inovație electrochimică, bazată pe combinarea hidrogenului cu oxigenul, pentru a produce electricitate şi apă. Celula de combustie a fost mai întâi folosită la scară largă în SUA la programele spațiale, iar ulterior în numeroase experimente militare, pentru submarine şi jeep-uri. Deoarece aceste celule erau de obicei voluminoase şi foarte scumpe, îmbunătățirile tehnice, reducerea dimensiunilor şi a prețurilor lor de producție au stârnit interesul pentru folosirea lor în locul motoarelor cu combustie internă, ca şi centrale electrice şi chiar aparate electronice portabile. Costurile lor inițiale sunt de câteva ori mai mari decât acelea ale sistemelor convenționale, dar se anticipează că vor scădea brusc odată cu producția de masă.

Celulele de combustie se impun pe piață deoarece pot fi utilizate atât la maşini staționare, cât şi portabile. Unii producători au anunțat deja lansarea pe piață în anul 2001 a unor celule de combustie de 250 kW. Firma Daimler-Chrysler, care a alocat 1,5 miliarde dolari pentru cercetarea celulelor de combustie în ultimii câțiva ani, a anunțat lansarea lor pe piață din anul 2002, pentru echiparea autobuzelor.

Introducerea maşinilor echipate cu celule de combustie (pe bază de hidrogen) impune depăşirea a trei impedimente majore:

1. integrarea unor celule de combustie eficiente, de mici dimensiuni şi ieftine;

2. proiectarea rezervoarelor care pot transporta hidrogenul la bordul vehiculelor;

3. dezvoltarea unei infrastructuri de alimentare a maşinilor cu hidrogen.

Există deja evidențiate unele soluții datorită progreselor în stocarea energiei şi reducerii cantităților de platină necesare pentru confecționarea celulelor de combustie şi instalațiilor de stocare şi transport.

Au fost înregistrate succese şi în ce priveşte obținerea hidrogenului. Electroliza apei poate transforma energie solară şi eoliană în hidrogen. Savanții au reuşit să optimizeze extragerea de hidrogen din energia solară cu 50% mai mult. Biomasa poate fi gazeificată pentru a produce combustibil. Alte potențiale surse reciclabile de hidrogen includ fotoliza – separarea apei direct prin expunerea la soare – şi algele comune, care produc hidrogen când sunt private de lumina solară etc.

6.11. Surse regenerabile de energie

Energiile regenerabile constituie o sursă aproape nelimitată de energie, dacă se iau în considerare necesitățile de energie ale omenirii, în comparație cu energia primită de la Soare. Ele sunt în cea mai mare parte naționale sau locale şi, prin urmare, sigure.

Prin surse regenerabile se înțeleg, de regulă: energia hidro; energia eoliană; energia solară; biomasa; energia geotermală, resurse care au început deja să aibă anumite ponderi în balanțele de energie primară.

Dintre sursele modernizate regenerabile, energia hidro este cea care a penetrat cel mai rapid în balanțele energetice. Hidrocentralele asigură producerea a 19% (2.650 TWh/an) din energia electrică la nivel mondial. Potențialul tehnic amenajabil este de circa. 14.400 TWh/an şi se consideră că peste 8.000 TWh/an pot fi produşi în condiții economice. Puterea electrică instalată în hidrocentrale este de circa. 692 GW şi alți 110 GW sunt în construcție. O situație pe zone geografice privind capacitatea instalată (în MW) şi producția de energie electrică în hidrocentrale în anul 1999 este prezentată în tabelul 6.9.

Tabelul 6.9

Hidrocentrale: puterea instalată şi energia

Zona	Capacitatea instalată, MW	Energia electrică produsă, GWh
Africa	20.170	73.159
America de Nord	60.113	711.225
America de Sud	106.277	496.016
Asia	174.076	567.501

Europa, din care: **România**	214.368 **5.795**	735.655 **17.857**
Orientul Mijlociu	4.185	8.434
Australia-Oceania	13.231	41.918
Total	**592.420**	**2.633.908**
Sursa: World Energy Concil: Survy of Energy Resources 2001		

Centralele hidroelectrice au cele mai reduse costuri de operare şi cea mai mare durată de viaţă în comparaţie cu alte tipuri de centrale electrice. Există o experienţă de peste un secol în realizarea şi exploatarea lor, ceea ce face ca ele să atingă niveluri de performanţă tehnică şi economică foarte ridicate. Energia hidro nu mai este de mult o promisiune, ci o certitudine pentru toate ţările lumii, dezvoltate sau în curs de dezvoltare.

Energia solară poate fi utilizată direct pentru producerea de electricitate (utilizând celule fotovoltaice) sau căldură (cu colectoare solare). Faptul că energia solară este disponibilă practic pretutindeni constituie argumentul de bază în favoarea sa. Se estimează că radiaţia solară care ajunge pe pământ reprezintă o **energie** echivalentă de 19.000 miliarde tone echivalent petrol.

Necesarul mondial de **energie** se ridică la circa. 9 miliarde tep/an ceea ce înseamnă că valorificarea unui procent infim (0,05%) ar putea acoperi necesarul total de **energie**.

Există însă şi numeroase inconveniente, cele mai importante fiind următoarele: costul instalaţiilor de valorificare este relativ ridicat şi poate bloca realizarea aplicaţiilor mai ales în zone sărace; chiar şi în ţările dezvoltate sunt necesare subvenţii pe diferite căi. Se înregistrează o anumită tendinţă de scădere a preţurilor, dar este necesar să fie înregistrate progrese semnificative în acest sens.

Energia solară are un caracter intermitent; alternanţa zi – noapte, timp însorit – timp înnorat introduc complicaţii tehnice pentru a putea livra energia atunci când este nevoie. Sunt necesare instalaţii de acumulare care măresc mult costurile.

Tabelul 6.10

Puterea instalată în instalaţiile fotovoltaice la sfârşitul anului 1999

Ţara	Puterea instalată, MW	Ţara	Puterea instalată, MW
Japonia	205,3	Elveţia	13,4
SUA	117,3	Maxic	12,9
Germania	69,5	Olanda	9,2
India	44,0	Spania	9,1
Australia	25,3	Franţa	9,1
Italia	18,5		

Din punct de vedere geografic există diferenţe mari între zonele care dispun de **energie** solară şi zonele de consum.

Obținerea electricității cu celule fotovoltaice nu a depăşit încă, în cele mai multe țări ale lumii, faza de instalații demonstrative şi nu există date statistice globale privind puterea instalată şi energia produsă în astfel de capacități. În tabelul 6.10 se prezintă puterea instalată în instalații fotovoltaice la sfârşitul anului 1999 în țările cele mai avansate în această direcție.

Şanse comerciale mai favorabile sunt deținute de instalațiile de producere a apei calde. Este adevărat că aceste instalații produc de regulă energie termică la parametrii cobrați (apă caldă), dar necesarul este foarte ridicat, în special în sectorul casnic. Locuințe sau diferite construcții civile au intrat în cotidian în multe țări ale lumii.

Într-o situație mai bună se găseşte energia eoliană. În ultimii ani au fost realizate progrese tehnologice remarcabile, dar în prezent electricitatea produsă pe această filieră nu este încă în totalitate competitivă din punct de vedere economic. Țările UE care şi-au propus din rațiuni politice promovarea energiei eoliene utilizează diferite mecanisme de susținere. În această categorie intră: subvenții directe; obligarea consumatorilor să achiziționeze o anumită cantitate de energie electrică produsă în instalații eoliene indiferent de preț; obligarea consumatorilor să achiziționeze o anumită cantitate de energie electrică produsă în instalații eoliene la un preț minim garantat.

Modul în care se aplică aceste politici variază de la țară la țară. O situație a capacităților instalate în instalații eoliene şi a producției de electricitate în anul 1999 este prezentată în tabelul 6.11.

Tabelul 6.11

Energie eoliană: capacități instalate şi energie electrică produsă în 1999

Zona	Capacitatea instalată, MW	Energia electrică produsă, GWh
Africa	18	31
America de Nord	2.429	4.771
Asia	1.437	2.760
Europa	9.325	17.176
Orientul Mijlociu	19	34
Australia-Oceania	48	72
Total	13.276	24.844

Utilizarea surselor de energie regenerabile SER au avantajul perenității lor si a impactului neglijabil asupra mediului ambiant, ele ne emițând gaze cu efect de seră. Chiar dacă prin ardere biomasa elimină o cantitate de CO_2, aceasta cantitatea este absorbită de aceasta pe durata creşterii sale, bilanțul fiind nul. In acelaşi timp aceste tehnologii nu produc deşeuri periculoase, iar demontarea lor la sfârşitul vieții , spre deosebire de instalațiile nucleare, este relativ simplă.

Dar, orice tehnologie energetică pentru utilizarea surselor de energie regenerabile prezintă unele inconveniente. Impactul instalațiilor eoliene asupra peisajului, riscul de contaminare a solului si al scăpărilor de

metan la gazeificare, perturbarea echilibrului ecologic de către micro hidrocentrale sunt câteva dintre acestea. Cele mai discutate inconveniente sunt însă cele legate de suprafața de teren necesară şi de intermitența şi disponibilitatea lor.

Intermitența energiei solare şi eoliene poate fi compensată prin instalații de acumulare a energiei electrice sau termice sau prin producerea unor „vectori energetici„ intermediari, cum este hidrogenul obținut prin electroliză. Pentru energia hidraulică stocarea este mai facilă prin crearea unor lacuri de acumulare, iar pentru biomasă aceasta poate fi stocata atât înaintea cât si după recoltare, în depozite sau sub forma de biocarburanți.

Utilizarea SER a cunoscut un prim avânt după crizele petroliere din 1973 si 1980, dar a cunoscut o stagnare de circa 12 ani după contra şocul petrolier din 1986. Abia după încheierea protocolului de la Kyoto din 1998, țările dezvoltate au început să-şi propună programe extrem de ambițioase. Astfel la Samitul de la Johannesburg din 2002 țările Uniunii Europene şi-au propus o creştere anuală de 1% pentru ponderea SER în balanța energetică până în anul 2010 şi o creştere a ponderii biocarburanților pâna la 5,75 % în acelaşi an. Aceste obiective nu pot fi atinse fără dezvoltarea cercetării şi colaborării internaționale în doua direcții principale:

1. Reducerea costurilor si creşterea fezabilității industriale a tehnologiilor utilizate;

2. Stocajul energiei electrice.

In România potențialul anual al SER, potrivit datelor comunicate de Ministerul Industriei şi Resurselor, era estimat în anul 2002 la circa 9 miloane tep energie termică şi 65 TWh energie electrică.

Agenția Internațională de Energie (IEA) a publicat un raport în 2002 pentru a determina stadiul de dezvoltare al surselor regenerabile de energie şi ponderea acestora în totalul energiei furnizate.

În anul 2000, conform raportului, ponderea surselor regenerabile în producția totală de energie primara (PTEP) pe plan mondial era de 13,8 % (dintr-un total de 9958 Mtoe). Resursele regenerabilele combustibile şi deşeurile (din care 97% reprezintă biomasa) erau aproape 80% din totalul regenerabilelor, urmate de resursele hidro cu 16,5%, ceea ce indică faptul că, practic, tot resursele "clasice", regenerabile sau nu, reprezintă cvasitotalitatea resurselor de energie.

Din analiza ratelor de dezvoltare din ultimele trei decenii, se observă că energia produsă din surse regenerabile a înregistrat o creştere anuală de 2%, ceea ce înseamnă că a urmărit fidel creşterea anuală a totalului de energie primară furnizata.

Remarcabil este însă faptul ca sursele regenerabile "noi", energia solară (32%) şi energia eoliană (52%) în special, au înregistrat în aceeaşi perioadă de timp o creştere anuală mult mai mare, de aproximativ 9%.

Sursele regenerabile sunt a doua resursă ca pondere în producția globală de energie electrică, contribuind cu 19% din producție în 2000, mai mult decât energia nucleară (17%), gazul natural (17%) şi petrolul (8%).

Energia electrică produsă din surse regenerabile provine în principal tot din regenerabile "clasice", respectiv din centralele hidroelectrice (92%) si din regenerabile combustibile şi deşeuri (5%). Deşi au înregistrat un ritm de creştere spectaculos în ultimii ani, energia geotermală, solară şi a vântului (eoliană) contribuind cu mai puțin de 3%.

Utilizarea surselor regenerabile de energie nu reprezintă o necunoscută pentru România. În domeniul surselor regenerabile clasice, biomasa, geotermal şi micro-hidrocentrale, au fost dezvoltate aplicații şi tehnologii încă de la începutul secolului trecut. Utilizarea biomasei lemnoase pentru încălzire este o soluție clasică în satele româneşti încă din cele mai vechi timpuri. În ce priveşte sursele regenerabile "noi", respectiv utilizarea energiei solare şi eoliene pentru producerea de energie electrică şi termică, cercetările şi dezvoltarea de aplicații au ca punct de plecare jumătatea secolului trecut.

Până în anul 1989 au fost dezvoltate o serie de aplicații ale surselor regenerabile, unele dintre ele, utilizarea biomasei (la combinate agricole în special), utilizarea energiei solare pentru apă caldă (captatoare solare plane), hidro, geotermal, fiind aplicate pe scară largă, în producție industrială.

După anul 1989, deschiderea către programele de cercetare-dezvoltare ale UE a permis institutelor şi universităților româneşti cu cercetări în domeniu să lucreze în echipe europene. În cadrul programelor naționale de cercetare, dezvoltare şi inovare s-au realizat atât componente de sistem cât şi noi aplicații. Astfel s-au realizat numeroase aplicații de electrificare rurală, alimentare cu energie electrică a sistemelor de semnalizare şi telecomunicații, sisteme fotovoltaice conectate la rețea şi integrare în clădiri.

Strategia de dezvoltare durabilă a sectorului energetic din România, elaborată recent, nu are ca prioritate dezvoltarea surselor regenerabile. Există pericolul creşterii decalajului dintre România şi țările dezvoltate din UE, cu impact negativ pe termen lung, când sursele regenerabile s-ar putea să aibă un aport major în sectorul energetic, prin crearea unei noi dependențe de importuri, de această dată însă tehnologice şi cognitive.

Existența unei experiențe anterioare în domeniul tehnologiei şi dezvoltării de aplicații ale surselor regenerabile de energie, a permis dezvoltarea în sectorul energetic a unor actori cu tradiție şi rezultate în domeniu. Datorită faptului că dezvoltarea comercială a surselor regenerabile este încă într-un stadiu incipient, principalii actori de piață din România pot fi împărțiți în trei categorii: administrație, companii comerciale şi de cercetare-dezvoltare şi, organizații neguvernamentale.

Administrația centrală, prin ministerele şi Agențiile cu atribuții directe sau indirecte în domeniul energetic, are rolul de a stabili cadrul legislativ şi strategiile de dezvoltare în domeniul surselor regenerabile de energie.

Companiile ce activează în domeniul surselor regenerabile de energie reprezintă segmentul de piață cel mai important în dezvoltarea şi

implementarea tehnologiilor pentru producerea energiei din surse regenerabile.

În concluzie, sursele regenerabile de energie reprezintă o piață incipient conturată în România, cu mult mai puțini actori decât în țările dezvoltate, cu perspective promițătoare în viitor. Din păcate, la ora actuală nu există o industrie de profil în România, realizări de serie mică sau prototipuri existând numai în câteva institute de cercetare şi companii mici.

Datorită faptului că aceste tehnologii sunt scumpe în raport cu metodele convenționale de producere a energiei electrice şi piața românească este limitată din punct de vedere financiar, comercializarea echipamentelor şi sistemelor pentru utilizarea energiei regenerabile nu este foarte dezvoltată.

Surse energetice de viitor pentru satisfacerile cerințelor locuinței

Randamentul economic al energiei (unități euro/mia de euro producție marfă) s-a îmbunătățit în toate regiunile, dar în special în Europa Centrală şi de Est, ca rezultat al combinației de măsuri pozitive şi restructurare economică.

Proporția surselor regenerabile, atât în ceea ce priveşte totalul de energie, cât şi producția de electricitate a crescut, dar rămâne redusă şi continuă să fie dominată de energia hidroelectrică şi de biomasă. Este nevoie de o creştere mult mai rapidă a „noilor regenerabile", cum ar fi energia eoliană şi solară, pentru că, printre altele, proiectata reducere a producției de energie nucleară va duce altfel la creşterea consumului de combustibili fosili şi a emisiilor de bioxid de carbon. Unele rezultate s-au obținut şi anume, o creştere a procentului resurselor regenerabile în totalul consumului de energie în Europa a crescut de la 4,5% în 1992 la 5,6% în anul 1999.

CAP. 7. CRIZA MEDIULUI ÎNCONJURĂTOR

"Ştiința ocupă poziția singulară de ascultare poetică a naturii".

Ilya Prigogine

7.1. Evoluția Terrei sub influența umană. Coordonatele problemei

Tendințele economice globale din ultimele decenii au fost deosebit de îndrăznețe, dar cele legate de mediu au fost dezastruoase. Mulțimea de sisteme economice care funcționau bine în trecut, când cererile unei economii mai mici se încadrau uşor în ecosistemele Pământului, nu mai funcționează bine acum, după coagularea lor, transformându-se într-un sistem global.

Teoria economică clădită pe mulțimea sistemelor economice zonale a intrat şi ea într-o criză acută. Şi, aşa cum este cunoscut, o teorie trebuie schimbată pe măsură ce înțelegerea ştiințifică a realității dintr-un domeniu avansează, ajungând la un punct unde teoriile existente nu mai explică în mod adecvat realitatea. Ea trebuie actualizată, înlocuind vechea paradigmă cu una nouă. Cel mai concludent exemplu în istoria ştiințelor îl constituie trecerea de la teoria sistemului geocentric la teoria sistemului heliocentric. Aşa se întâmplă şi cu teoria economică a unei dezvoltări durabile, ea trebuie adaptată la noile condiții ale globalizării vieții economice. Pe această cale se înscrie şi noua noastră disciplină, pe care o definim constitutiv prin prezentul manual, sub denumire de economia mediului (ecologie globală, ingineria mediului) care a derivat din ecologie. Între noua disciplină şi ecologia teoretică, sau generală, sunt deosebiri esențiale, care, de altfel, fac ca ele să coexiste de sine stătător.

Astfel, dacă pentru biologie mediul natural se poate localiza oriunde există viață, deci chiar în adâncurile oceanului, în grote de mare adâncime etc., ***pentru economie sau inginerie mediul înconjurător se localizează în jurul limitei de interferență a geosistemelor, unde există condiții prielnice pentru viața umană***. Aici se produc intercondiționările de cea mai mare intensitate, aici mediul capătă maximum de complexitate şi prezintă acea valoare ce face din Terra un unicat în sistemul solar.

De aici rezultă constatarea esențială că ***pentru economie sau inginerie, mediul înconjurător nu poate exista fără specia umană. În absența omului - mediul este natural, prezența omului îl transformă în mediu înconjurător***. Omul a transformat mediul natural şi dacă se spune şi se demonstrează că efectele intervenției omului asupra naturii se reflectă la nivel global, se poate afirma că nu mai există mediu natural pe Terra, în sensul că nu mai există zonă pământeană neinfluențată, cât de cât, de activitatea omului. Trebuie precizat că nu atât omul în sine se face vizibil în peisaj, ci apar, în mediul înconjurător, înfăptuiri umane: case, drumuri,

poduri, câmpuri cultivate, fabrici etc.; deci, omul este prezent prin creația sa, prin rezultatul muncii sale.

Privite într-un timp mai îndelungat, evoluțiile pe Terra par impresionante. Cele antropice, locale, determinate de intervenția omului, se arătau minuscule în comparație cu schimbările naturale, până când omul ultimelor circa două secole, înarmat cu o tehnică din ce în ce mai sofisticată, având posibilități considerabile de afirmare majoră în confruntarea sa cu natura, a mărit deosebit de mult aria intervențiilor sale pe Terra, aceasta ne mai dispunând de rezerve, mai mult sau mai puțin, necunoscute omului.

Dar, progresele tehnicii continuă în salturi uluitoare, atrăgând după ele schimbări fundamentale, de ordin demografic, prin înmulțirea fără precedent a populației în ultima vreme, fenomen calificat drept "explozie demografică". Aceasta se îmbină cu schimbările de ordin tehnico-economic, cu industrializarea ajunsă covârşitoare în anumite regiuni ale globului, cu trecerea la agricultura intensivă mecanizată şi chimizată care înlocuieşte radical vegetația naturală. Se adaugă schimbările continue în perioada istorică a relațiilor om – societate, care imprimă mobilitatea extraordinară individului în teritoriu, fie pentru muncă, fie pentru recreare ori ameliorarea sănătății, pentru comerț şi afaceri, ori pur şi simplu pentru necesități psihice de schimbare a decorului. Urmările dezvoltării civilizației, în formele ei contemporane, propulsate de necesitățile unei lumi tot mai pretențioase şi mai exigente, devin ele însele cauze modificatoare. S-a amplificat astfel mult necesitatea de confort generalizată, în pături tot mai largi ale populației, ceea ce presupune electrificare, aducțiuni şi consum tot mai mare de apă potabilă, dotări superioare pentru încălzit, conducte de gaze şi petrolifere, dotări pentru comunicarea prin cablu sau prin unde cu ansamblul lumii, gări aeroporturi etc. Paralel s-a dezvoltat o multitudine de întreprinderi vizând procurarea hranei în cantități corespunzătoare de pe latitudini diferite, precum şi modalități de preparare, de prelucrare şi ambalare a acestor produse astfel ca ele să necesite o cât mai mare înlesnire pentru folosirea în gospodăria individuală (de unde marea diversificare a industriei alimentare). La toate acestea se adaugă mijloacele de transport rapide la locul de muncă şi la locurile de agrement, de unde rezultă înmulțirea până la saturare cu autovehicule a rețelei rutiere moderne, la supraaglomerarea liniilor ferate şi a gărilor, chiar a liniilor spațiului aerian, oceanic etc.

Aceste caracteristici esențiale ale stadiului actual al civilizației umane – ***industrializarea, urbanizarea*** şi ***traficul auto-rutier***, desfăşurate în ritm fără precedent – se corelează strâns între ele, atrăgând în sfera lor de influență un număr tot mai mare de locuitori. Mulți părăsesc agricultura, care prin mecanizare se poate dispensa de tot mai multă forță de muncă, părăsesc satul aflat în regres, iar unele sate se transformă în centre urbane, care se industrializează cu paşi rapizi, contribuind astfel la schimbări ale mediului înconjurător.

Examinând aceste probleme în legătură cu structura de strânsă interdependență pe care o prezintă natura, încercăm a urmări modul cum intervenția omului a dus la degradarea mediului înconjurător, prin degradarea solului, apei şi atmosferei.

7.2. Degradarea solului

În convenția de la Sofia din decembrie 1991 se precizează că: ***"Poluarea solului înseamnă acea acumulare de substanțe dăunătoare în stratul de sol productiv, care duce la diminuarea fertilității acestuia sau deteriorează producția agricolă şi pădurile şi are urmări dăunătoare pentru sănătatea oamenilor"***.

Dar ce este solul ? ***"Solul reprezintă partea superficială a crustei terestre ce permite dezvoltarea plantelor şi a altor organisme, care s-a format ca urmare a acțiunii interdependente şi îndelungate a factorilor climatici şi biotici asupra rocilor parentale, caracterizate prin compoziție specifică trifazică (solidă, lichidă şi gazoasă), alcătuire granulometrică diferită a fazei solide în care se află componentele vii, cu diferențiere de compoziție pe verticală şi o dinamică complexă neîntreruptă"***.

Exploatarea solului pentru menținerea bioticului se face la suprafață sau la adâncime (subsol).

Din punct de vedere biotic, ***subsolul reprezintă partea din scoarța terestră aflată sub stratul arabil, în care viața este puțin prezentă***. Cauzele ecologice care limitează dezvoltarea organismelor în subsol sunt: lipsa de oxigen şi de lumină, duritatea terenului, reducerea substanțelor organice, presiune ridicată etc.

Pentru dezvoltarea materiei vii, suprafața pământului (avem în vedere numai uscatul) se analizează din punct de vedere ecologic pe zone. Astfel, specialiştii americani (de la U. S. Soil Conservation Service) au făcut o clasificare a solurilor în patru clase şi opt categorii limită în raport cu natura lor (reflectată în compoziția chimică şi proprietățile fizice) panta terenului, gradul de eroziune, climatul, indicând modul de exploatare optim. Această clasificare este prezentată în tabelul 7.1.

Din această clasificare reiese importanța păstrării, în privința exploatării terenurilor din categoriile I – VII, a unui echilibru agro-silvo-pastoral. Terenurile din categoria VII se pretează pentru formarea de rezervații ale faunei şi florei sălbatice. Omul poate obține de la aceste terenuri doar lemnul şi vânatul. În general, programele de amenajare de noi teritorii necesită în prealabil efectuarea unor "anchete ecologice" pentru o utilizare rațională a pământurilor. Din punctul de vedere al exploatării solului, acesta mai poate fi clasificat pe următoarele zone: ***zona agricolă, zona montană*** şi ***zona alpină***.

Zona agricolă, numită şi teren agricol, reprezintă suprafața terestră utilizată pentru cultivarea plantelor agricole. Totalitatea zonei agricole de pe întreg globul se aproximează la $14{,}5.10^6$ km^2 ce reprezintă circa 10% din suprafața uscatului cu o biomasă totală de $8{,}7.\ 10^9$ t/an. Producția biologică primară a zonei agricole se aproximează între 1000 şi 3000 (grame masă uscată)/m^2an. Anumite zone agricole, în culturi perene din zona tropicală (de exemplu trestie de zahăr) produc între 6000 şi 10000 (grame substanță uscată)/(m^2.an).

În țara noastră, zona agricolă ocupată cu culturi cerealiere, plante industriale, vii, livezi, păşuni şi fânețe ocupă o suprafață de 14.962.500 ha, echivalentă cu 63% din întinderea totală a țării. În raport cu condițiile naturale, zona agricolă de la noi poate fi grupată în următoarele categorii: zona de câmpie – 64...66%; zona de deal – 20...22% şi zona de munte – 12...13%.

Tabelul 7.1

Clasificarea solurilor

Categoria	Caracteristici	Aptitudinile principale pentru cultivare
A. TERENURI PROPRII PENTRU CULTIVARE		
I	Teren plan care poate fi cultivat fără precauții speciale.	Agricultură
II	Teren cultivabil cu precauții elementare (culturi în bandă, în înveliş ierbos).	Agricultură, păşunat
III	Teren care poate fi cultivat cu mijloace intensive de protecție.	Agricultură, păşunat
B. TERENURI CARE PERMIT CULTIVAREA TEMPORARĂ		
IV	Teren foarte fragil datorită pantei, structurii pedologice, caracteristicilor hidrologice.	Menține vegetația inițială
C. TERENURI IMPROPRII PENTRU CULTIVARE, DAR SUSCEPTIBILE PENTRU AMENAJARE		
V	Teren stabil dacă este acoperit cu un înveliş vegetal permanent impus unei exploatări raționale.	Păduri. Păşunat extensiv. Menținerea vegetației inițiale.
VI	Teren care necesită precauții contra eroziunii accelerate.	Păduri. Păşunat extensiv. Menținerea vegetației inițiale. Urbanizare.
VII	Terenuri foarte fragile, precauții mari.	Păduri. Menținerea vegetației inițiale. Urbanizare.
D. TEREN IMPROPRIU PENTRU ORICE FEL DE EXPLOATARE		
VIII	Terenuri foarte fragile fără structură pedologică, condiții hidrografice extreme.	Menținerea vegetației inițiale. Urbanizare.

Zona montană este cuprinsă între 800 şi 1800 m altitudine, în țara noastră ocupând circa 30% din teritoriul țării. Din punct de vedere biotic zona montană asigură, prin peisajul său, condiții optime pentru turism, odihnă şi refacerea sănătății oamenilor, locuri ideale de păscut pentru ovine şi bovine, condiții bune pentru dezvoltarea apiculturii.

Zona alpină reprezintă zona de vegetație cuprinsă în țara noastră între 1800 şi 2543 m altitudine, caracterizată prin dominarea formațiilor ierboase primare şi prin lipsa pădurilor.

În structura destinației solurilor au avut loc modificări substanțiale, atât pe plan global, la nivelul globului, cât şi la nivelul țării noastre.

În tabelul 7.2 se prezintă dinamica transformărilor produse în structura destinației solurilor pe pământ.

Dacă se analizează datele din tabelul 7.2 se observă că în cei 15 ani ai perioadei luate în considerare, structura de repartiție a solurilor de pe glob nu a înregistrat schimbări semnificative, cea mai importantă fiind diminuarea cu 1% a ponderii suprafeței ocupate cu păduri. Analizând însă cifrele absolute, modificările intervenite în structura solului devin semnificative. Astfel, suprafața arabilă a crescut cu 48,6 milioane hectare, ceea ce reprezintă o sporire cu 3,37% a acestei categorii de folosință. Sporirea suprafeței arabile a avut loc atât prin diminuarea pajiştilor naturale (aproape 28,9 milioane hectare ceea ce înseamnă o reducere a acestora cu 0,35%), dar şi a suprafeței ocupate cu păduri (aproape 141,2 milioane hectare, adică 3,37%). În această perioadă, categoria "pustiuri şi alte terenuri" a sporit cu 97,9 milioane hectare, reprezentând o creştere cu 2,31%, extinderea făcându-se pe seama arabilului, pajiştilor şi pădurilor.

Tabelul 7.2

Structura destinației solurilor pe Terra[1]

Specificație:	1973		1988	
	mii ha	%	mii ha	%
Total uscat, din care:	13066586	100,00	13069253	100,00
- arabil	1324782	10,14	1373405	10,51
- pajişti naturale	3223335	24,67	3211959	24,58
- plantații perene	93211	0,71	102023	0,78
- păduri	4190288	32,07	4049041	30,98
- pustiuri, deşerturi şi zone de îngheț, neagricole şi nesilvice	4234966	32,41	4332825	33,15

Tabelul 7.3

Evoluția structurii destinației solurilor în România

Specificație	1250	1750	1900	1990	2000
Suprafață totală, din care:	100	100	100	100	100
- arabil	9,0	14,3	32,1	42,0	39,6
- vii + livezi	2,4	2,4	6,0	3,0	2,5
- pajişti naturale	21,4	35,7	25,0	18,0	19,9
- păduri	64,3	40,5	23,8	27,0	28,0
- alte terenuri	2,4	7,1	13,1	10,0	10,0

[1] Viorica Pană, Ioan Pană, Mihai Costescu, *Pământul şi folosirea lui în agricultură*, Editura Ceres, Bucureşti, 1994

În tabelul 7.3 se prezintă evoluția structurii destinației solurilor în România.

Solurile sunt afectate, în principal, din cauza interacțiunii dintre climă, geografie, geologie, activitate umană şi economie. În cursul ultimelor decenii, modificările aduse de om repartiției solurilor s-au datorat nevoilor din ce în ce mai importante de produse alimentare, de lemn de foc şi de terenuri pentru construcții.

După cum rezultă din tabelul 7.2, actualmente sunt cultivate aproximativ 11% din soluri, circa 24% sunt prerii permanente, circa 32% păduri şi alte zone împădurite, iar circa 33% sunt clasate ca "alte pământuri". Pământurile potențial cultivabile sunt estimate la un total de aproximativ 3200 milioane hectare, adică de circa două ori suprafețele actualmente cultivate; 70% din pământurile arabile ale țărilor dezvoltate şi 36% din cele ale țărilor în curs de dezvoltare sunt actualmente cultivate. Totuşi, situația variază larg de la o regiune la alta, deoarece în Asia de Sud-Est, 92% din pământurile arabile sunt efectiv cultivate, față de numai 15% în America Latină.

De la începutul agriculturii şi până la jumătatea secolului al XX-lea, creşterea întinderii zonei cultivate a lumii a ținut pasul cu cea a populației. Începând din 1950, extinderea suprafețelor agricole s-a încetinit, producția de cereale înregistrând o scădere după 1984, apoi redresându-se întrucâtva prin anii '90, întrucât în SUA au fost destinate producției de alimente terenuri suplimentare.

Dar, în fiecare an, milioane de hectare de teren arabil sunt pierdute pentru agricultură, întrucât pământul este atât de degradat încât nu mai poate fi prelucrat şi se foloseşte pentru construcția de case, fabrici, autostrăzi. Suprafețele abandonate sunt mai mari în țările cu populație mai densă şi industrializate – în estul Asiei, inclusiv China, Japonia, Coreea, Taiwan.

7.2.1. Criza alimentară – problemă fundamentală şi globală a omenirii[2]

În 1974, la Conferința Mondială a Alimentației care a avut loc la Roma, seceratul de stat al SUA de atunci Henry Kissinger declara: ***„În anul 1984, nici un bărbat, femeie sau copil nu se va mai duce flămând la culcare"***. Participanții la conferință, între care numeroşi lideri politici şi miniştri ai agriculturii, au plecat de la consfătuire însuflețiți de acest gând măreț: de a pune capăt foametei.

Obiectivul atât de îndrăzneț declarat de către Henry Kissinger a creat impresia că există un plan de eradicare a foametei. De fapt, n-a existat nici un plan. Nici Henry Kissinger însuşi n-a înțeles prea bine dificultatea măsurilor

---

[2] George - Ştefan Coman şi Gh. Coman, *Criza alimentară – problemă fundamentală şi globală a omenirii*, În Buletin ştiințific nr.1/1998, editat de Fundația Ecologică "Dimitrie Cantemir" Iaşi, p. 145-150

necesare pentru atingerea acestui țel. Din păcate, acelaşi lucru se poate spune despre cei mai mulți conducători politici de astăzi.

În 1996, reprezentanții guvernelor s-au întâlnit din nou la Roma, într-o conferință de vârf privind alimentația mondială, pentru a trece în revistă perspectivele acesteia. De data aceasta, delegațiile celor 186 de țări participante au stabilit drept obiectiv reducerea la jumătate până în 2015, a numărului celor afectați de foamete. Dar la fel cum nici în 1974 n-a existat un plan pentru atingerea acestui obiectiv, nici de data asta delegații nu au dovedit că au înțeles amploarea eforturilor necesare în acest scop. Într-un comunicat al FAO din 1999, după doar trei ani de la stabilirea acestui modest țel, se preciza că obiectivele pentru 2015 nu pot fi atinse pentru că „***dezvoltarea e prea înceată, progresul prea inegal***". Asigurarea permanentă a hranei populației umane este însă condiția esențială pentru conservarea vieții pe Terra. Dar, omenirea se confruntă actualmente cu o criză alimentară fără precedent în istorie.

Dar care este originea foametei ? Se pare că există un consens al specialiştilor FAO că, printre altele, „***foametea este rezultatul deciziilor omului – mai ales decizii referitoare la modul de organizare a societății***". Amartia Sen, laureat al Premiului Nobel, motivează convingător că ***„sărăcia – şi nu lipsa hranei – este adesea cauza care dă naştere la foamete. Într-adevăr, aproape 80% dintre toți copiii malnutriți din țările în curs de dezvoltare de la începutul anilor '90 trăiau în țări cu mari surplusuri alimentare"***.

În Statele Unite, companiile alimentare cheltuiesc pe publicitate mai mult decât oricare alte industrii – circa 30 de miliarde de dolari anual. Reclamele pentru alimente sunt, de asemenea, categoria publicitară de vârf şi în Austria, Belgia şi Franța. Cheltuielile cu publicitatea pentru alimente în țările în curs de dezvoltare sunt mai mici, dar cresc rapid pe măsură ce veniturile se măresc şi ele. În Asia de Sud-Est, de exemplu, cheltuielile cu reclama alimentară s-au triplat între 1984 şi 1990, de la 2 miliarde la 6 miliarde de dolari.

Însă, trebuie avut în vedere că deciziile umane eronate pot agrava flagelul foametei. Dar, la aceste decizii, se adaugă şi fenomene reale ale crizei alimentare determinată de „explozia demografică", degradarea solurilor agricole, reducerea productivității relative a solurilor agricole şi reducerea suprafeței agricole pe cap de locuitor al Terrei. Cu circa patru milenii şi jumătate în urmă, oraşele state ale Sumerului antic, Irakul de astăzi, au fost confruntate cu o problemă tulburătoare – criza alimentară. Terenurile lor agricole acumulau, constant în timp, sare, produs derivat din evaporarea apei pentru irigații. Sarea distrugea fertilitatea solului şi, după un timp, recoltele se reduceau până când multe parcele au devenit în întregime neroditoare. Deşertul care se acumula, pe zi ce trecea, atunci, se observă astăzi în întinderea dintre Tigru şi Eufrat, leagănul culturii şi civilizației umane.

O perioadă, sumerienii au ripostat la degradarea solului şi micşorarea recoltelor cultivând alte terenuri noi. Dar, la un moment dat, s-a

ajuns la limita expansiunii în zona respectivă. În următoarele trei secole, acumulările de sare au dus la scăderea recoltelor cu mai mult de 40%. Producția agricolă diminuată continuu, însoțită de creşterea tot mai accentuată a populației, au dus la scăderea rezervelor alimentare şi, mai departe, la reducerea capacității de întreținere a vieții în zona Mesopotamiei, înfloritoare în perioada precedentă. Până la 1800 î.H., agricultura sumeriană a intrat efectiv în colaps, iar această civilizație, odinioară glorioasă, a căzut în obscuritate. Astăzi numai arheologii scormonesc zona pentru a evidenția o cultură şi civilizație apuse[3].

Declinul Sumerului antic este o lecție îngrijorătoare pentru viitorul culturilor şi civilizațiilor actuale, cu atât mai mult, cu cât în vremurile antice populațiile puteau migra în zone neepuizate de capacitate de întreținere a vieții, pe când astăzi este afectată global, întreaga noastră planetă de dezastrul epuizării capacității de hrană a populației lumii.

Tendințe actuale: de la risipă la lipsuri. Polarizarea tot mai accentuată a siguranței alimentare pentru populația lumii se concretizează în existența la unul din polii sociali, a supraconsumului, iar la celălalt pol existența foametei distrugătoare de vieți omeneşti.

Aşa cum arată Alan Durning, ***bogații reprezintă circa 20% din populația lumii*** care-şi organizează viețile în jurul automobilelor, regimurilor alimentare bazate pe carne şi produse preambalate şi de unică folosință, ***producând circa 80% din daunele ecologice ale planetei***. În acelaşi timp, alți ***circa 30% din locuitorii planetei trăiesc într-o sărăcie absolută***. Merită însă subliniată o idee importantă desprinsă din prezentarea lui Alan Durning şi anume că circa 50% din populația lumii îşi satisfac, actualmente, majoritatea nevoilor lor fundamentale pe căi relativ viabile. Ei se deplasează cu bicicleta şi cu mijloacele de transport în comun de suprafață, se alimentează cu regimuri sănătoase de cereale, legume şi ceva carne, cumpără puține mărfuri preambalate şi reciclează majoritatea reziduurilor lor. Dar, tendința este de creştere continuă a procentului celei dea a treia stări sociale, a celor săraci.

7.2.2. Situația actuală a producției agricole

Desigur, izvorul principal al produselor alimentare îl constituie agricultura. În tabelul 7.4 se prezintă indicatori cantitativi şi relativi privind baza materială şi ai producției agricole din 1993 în primele şapte țări din lume posesoare de terenuri agricole şi România.

Din tabelul 7.4 rezultă că raportată la media din anii 1979-1981, în 1993 producția agricolă a crescut cu 131%. În valori absolute, raportată la anul 1950, producția agricolă a crescut de la 631 milioane tone la 1892 milioane tone în 1993, adică a înregistrat o creştere de circa trei ori. Între 1950 şi 1980 creşterea a fost foarte accentuată întrucât în această perioadă au crescut într-un ritm foarte mare suprafața arabilă irigată şi consumul de fertilizatori la hectarul cultivat. După

---

[3] Constantin Daniel, *Pe urmele vechilor civilizații*, Ed. Sport-Turism, Bucureşti, 1987

1990, până în 1996, ritmul de creştere a scăzut foarte mult, la doar 3%. Semnele încetinirii ritmului de creştere a producției agricole erau deja evidente la sfârşitul anilor '80, când recolta de cereale pe cap de locuitor a scăzut de la 346 kilograme în 1984, la 336 kilograme în 1990, o scădere de 3%. Până în 1996, recolta pe cap de locuitor a scăzut la 313 kilograme pe cap de locuitor, deci cu încă 7%.

Tabelul 7.4

Unii indicatori ai bazei materiale şi producției agricole în 1993

Țara	Sup. Arabilă, $x10^6$ha	Sup. irigată, $X10^6$ha	Fertilizatori, t/ha	Populație, $x10^6$ loc.	Tractoare, $x10^3$ buc.	Producție de cereale, $x10^6$ t	% față de 1979-1981
Mondial	1343	248	0,1	5544	9616	1892	131,1
SUA	185	20,7	0,3	257	4800	259	120,5
India	166	48,0	0,1	901	1195	205	161,6
Rusia	129	4,0	0,06	147	1200	96,1	107,0
China	95,9	49,8	0,2	1196	737	405	182,2
Australia	46,4	2,1	0,1	17,6	315	27,4	129,7
Canada	45,4	0,71	0,1	28,8	740	51,4	122,7
Brazilia	42,0	2,8	0,2	156	735	42,9	140,9
România	9,34	3,1	0,06	23,0	146	15,4	84,78

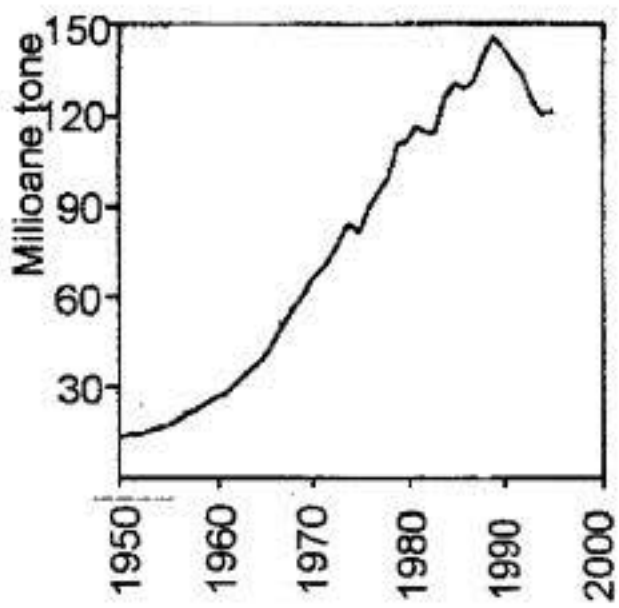


Fig.7.1. Creşterea consumului de fertilizatori la ha, între 1950-1995

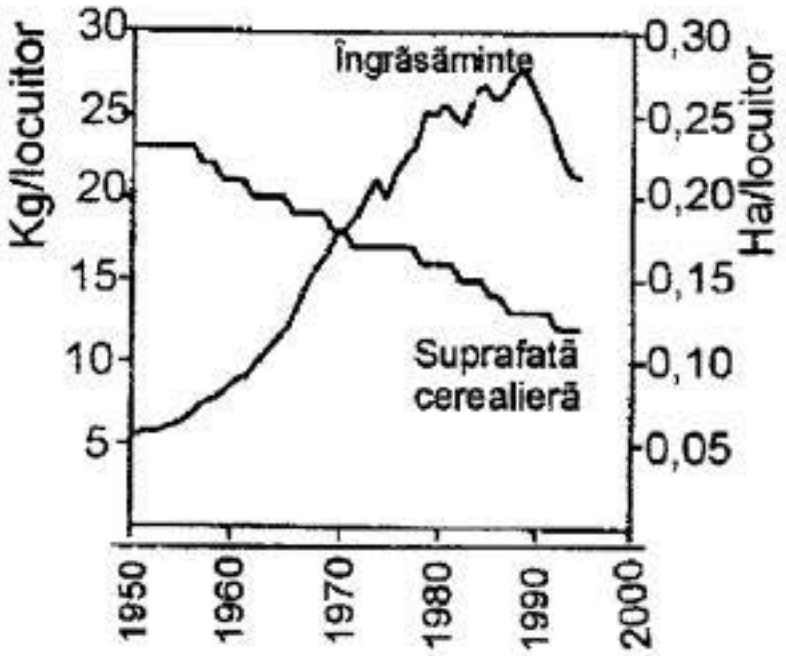


Fig.7.2. Variația producției cerealiere în kg/loc în funcție de creşterea utilizării fertilizatorilor şi a variației suprafeței agricole în ha/loc., între 1950-1995

Doi factori esențiali au determinat creşterea producției agricole după 1950 şi anume: irigațiile şi utilizarea pe scară largă şi intensivă a fertilizatorilor.

Descoperirea, din 1847, făcută de chimistul german Baron von Liebig Justus (1803-1873), fost profesor de chimie organică la Universitatea din Giessen între 1852 şi 1856, că toate substanțele nutritive pe care le extrag plantele din sol pot fi refăcute artificial prin sinteză chimică, în formă minerală, a pus bazele industriei moderne a fertilizatorilor pentru creşterea producției agricole. Dar, folosirea intensivă a acestor fertilizatori s-a făcut după 100 de ani de la descoperirea lor, după 1950.

Posibilitatea de utilizare a fertilizatorilor este însă dependentă de umiditatea solului. Nu contează dacă umiditatea provine din ploi abundente sau irigații. Ca urmare, creşterea intensității de utilizare a fertilizatorilor între 1950 şi 1990, a fost influențată direct şi de către creşterea suprafețelor irigate.

Tendința de limită asimptotică a rezervelor de produse alimentare, prin limita asimptotică a producției agricole globale şi reducerea celei specifice (pe locuitor) pune sub semnul întrebării securitatea alimentară a populației umane.

Între anii 1950 şi 1989, cantitatea de fertilizatori utilizată la scară mondială a crescut de la 14 milioane de tone la 146 milioane de tone, cantitate de 10 ori mai mare, figura 7.1.

După 1989, utilizarea fertilizatorilor a început să scadă, ca urmare sesizării faptului că în tendința de adaptare la aceste substanțe, plantele au început să absoarbă din ce în ce mai multe substanțe nutritive şi să fie influențată calitatea alimentară a cerealelor de către fertilizatorii utilizați.

Factorii decizionali în problemele economico-sociale ale omenirii trebuie să stimuleze specialiştii în a găsi alternative la actuala criză alimentară cu care se confruntă omenirea. Căutarea unor alternative este determinată de actualele tendințe de creştere continuă a cererii de produse alimentare, ca urmare a creşterii populației, a puterii de cumpărare a unei părți a acesteia şi limitele cu care se confruntă comunitatea umană în ce priveşte capacitatea creşterii producției alimentare prin măsurile tradiționale, figura 7.2. După cum se observă în figura 7.2, suprafața cerealieră specifică a scăzut permanent din 1950, iar din 1990 scade brusc utilizarea fertilizatorilor şi, de asemenea, eficiența acestora.

7.2.3. Securitatea alimentară a populației globului în pericol

Reducerea sporului de creştere a producției agricole, de exemplu, cu 3%, între 1990 şi 1996, ceea ce reprezintă 0,5% anual, adică o treime din sporul anual al populației care a fost, în aceeaşi perioadă, de 1,6% anual, pune, într-adevăr, în pericol, securitatea hranei omenirii.

Securitatea alimentară depinde, îndeosebi, de tendințele manifestate, din acest punct de vedere, în cele două mari puteri mondiale, producătoare şi

consumatoare de produse agricole: SUA şi China. Pentru SUA, creşteri mari ale productivităţii pământului s-au obţinut în anii '50 şi '60, când productivitatea a crescut, în medie, cu 3,7% anual. Apoi, în perioada anilor '70, ea a scăzut până la 1,9% anual, adică la circa jumătate. În anii '80, scăderea productivităţii pământului a ajuns la circa 1% anual. Dacă tendinţa de scădere a productivităţii se va menţine şi în anii '90, rata productivităţii va fi cu mult sub rata creşterii populaţiei. Aceasta va face dificil exportul de cereale şi ca atare o reducere substanţială a posibilităţilor de satisfacere a cererilor mondiale de produse agricole.

În China, din 1950 până în 1977, productivitatea pământului a crescut cu 2,7% anual, în special datorită extinderii irigaţiilor. După 1977, datorită reformelor economice din 1978, productivitatea pământului a explodat pur şi simplu, astfel că recolta de cereale la hectar a crescut de la 2,11 tone în 1977, la 3,41 tone în 1984, o creştere de 7% anual. Aceasta a făcut ca producţia de cereale a Chinei să o depăşească pe cea a SUA, permiţând Chinei să-şi dezvolte şi şeptelul, în special al porcinelor. Creşterea productivităţii s-a datorat creşterii, pe baza irigaţiilor, a consumului de fertilizatori, în aceşti şapte ani, de peste trei ori.

Dar, pentru a se vorbi de siguranţa hranei este necesar să se prezinte şi date privind evoluţia consumului de produse agricole. Ori, dacă se manifestă o tendinţă de creştere a producţiei în Asia, consumul evoluează în aceeaşi direcţie. Asia are însă, între Pakistanul de Est şi Japonia o populaţie de circa 3,1 miliarde de locuitori, mai mult decât jumătate din populaţia lumii. Excluzând Japonia, în această regiune, economia a crescut cu circa 8% anual din 1991 până în 1995. Nu există precedent în istorie în care atât de mulţi oameni să contribuie la un ritm atât de ridicat al producţiei şi care să ridice şi pretenţii similare în ceea ce priveşte consumul, mai ales din punct de vedere alimentar.

Astfel, China este ţara care înregistrează cea mai mare creştere economică din zonă, economia ei crescând cu două treimi între anii 1990 şi 1995. Dat fiind o creştere a populaţiei cu puţin peste 1% anual, aceasta înseamnă că venitul mediu anual a 1,2 miliarde de oameni a crescut cu 60% în numai cinci ani. O mare parte din acest venit suplimentar se transpune în pretenţii pentru mai multe produse alimentare. În această perioadă de cinci ani, consumul de produse alimentare a crescut în China cu 40 milioane de tone. Din acest total, 33 milioane de tone au fost consumate sub formă de nutreţ pentru animale, iar 7 milioane tone direct sub formă de hrană umană. Tendinţe asemănătoare se manifestă şi în alte ţări din zonă. Astfel, în India industria cărnii se dezvoltă cu 15% anual, dublându-se la fiecare cinci ani. Industria cărnii în Indonezia, ţară cu 200 milioane de locuitori, creşte cu o rată comparabilă cu cea a Chinei. Consumul de nutreţ creşte acum în toată Asia: în China, India, Indonezia, Malayezia, Pakistan, Filipine, Coreea de Sud, Thailanda şi Vietnam.

Această creştere record a bunăstării pentru un segment atât de mare a populaţiei globului explică de ce surplusurile mondiale s-au transformat în lipsuri. Importul de cereale în Asia a crescut de la 6 milioane tone în 1950 la peste 90 milioane tone în 1995. Câteva ţări asiatice, inclusiv

Japonia, Coreea de Sud şi Taiwan, importă acum mai mult de 70% din cerealele pe care le consumă. Asia devine din ce în ce mai mult o regiune puternică industrial, dar vulnerabilă agricol.

Creşterea consumului şi a capacității de achiziție a produselor agricole în această zonă asiatică a globului, suprapopulată, va determina o accentuare a foametei în alte zone ale globului, mai ales cea africană. Accentuarea foametei este determinată şi de faptul că anual populația globului creşte cu circa 90 milioane de locuitori a cărei hrănire depinde acum aproape în întregime de creşterea productivității pământului.

Dar câți oameni poate hrăni Pământul ? La această întrebare a căutat să dea răspuns, în septembrie 1994, cele 179 delegații întrunite la Cairo în cadrul Conferinței Internaționale pentru Populație şi Dezvoltare. Nici aici nu i s-a găsit un răspuns acceptat de participanți, făcându-se numai anumite aprecieri privind creşterea populației globului şi măsurile ce trebuiesc luate pentru stabilizarea ei. În ce priveşte răspunsul concret la întrebarea câți oameni poate hrăni Pământul ?, se avansează cifre foarte variate şi uneori de mărimi inimaginabile. Într-o carte publicată în 1978, Silviu Neguț[4] avansează nişte cifre incredibile, că într-un timp scurt circa 30 de miliarde, iar pe timp lung circa 120 miliarde de oameni.

Răspunsul, totuşi, nu este aşa de complicat, dacă se face referiri la date exacte înregistrate de diverse statistici economico-sociale. Astfel, în tabelul 8.5, în 1993 s-au obținut 1892 milioane tone de produse agricole pe glob. Se estimează de specialişti că cifra maximă poate fi de 2000 de milioane de tone de cereale. Americanul consumă, în medie, 800 kilograme de cereale anual, în marea lor majoritate indirect, sub formă de carne, lapte, ouă, brânză, iaurt şi înghețată. În India, consumul mediu pe persoană este de 200 kilograme cereale anual, majoritatea consumate direct. Însă, ştiințific, alimentația nu este rațională nici cea americană şi nici cea indiană. Se consideră drept rațională aşa-numita alimentație de "tip mediteranian", specifică în Italia. Consumul mediu al unui italian este de aproximativ 400 kilograme cereale anual.

Dacă producția anuală s-ar "stabiliza" la cele două miliarde de tone anual, atunci, această producție ar putea asigura normal hrană, în varianta americană la 2,5 miliarde locuitori ai pământului, iar în varianta italiană (rațională) la 5 miliarde de locuitori ai pământului. Actualmente populație globului este de peste 6 miliarde de locuitori, cu peste 20% de cea posibilă de hrănit rațional. Însă, consumul rațional presupune ca americanii şi alții să-şi reducă consumul specific, lucru ce nu este posibil decât teoretic.

7.3. Degradarea terenurilor agricole

Legea entropiei ne spune că orice sistem, analizat ca sistem termodinamic, tinde permanent spre creşterea acesteia, adică, spre

---

[4] Silviu Neguț, *Un singur Pământ. Omul şi mediul înconjurător*, Editura Albatros, Bucureşti, 1978.

degradare. Chiar dacă este alimentat cu flux de entropie joasă din exterior, în final sfârşeşte în decădere calitativă. Nu există organisme nemuritoare.

Ținându-se seama de aceste considerente, există îngrijorări, bine justificate, că terenurile arabile, considerate sisteme termodinamice deschise, cu schimb de masă şi energie cu exteriorul, sunt în declin calitativ fapt ce pune în pericol realizarea producției agricole necesară menținerii vieții pe pământ. Şi în acest caz, al terenurilor arabile, legea entropiei este confirmată.

În întreaga lume, agricultura a erodat, compactat, contaminat, îmbibat cu apă întinderi mari de pământ agricol. Aceste deteriorări continuă aproape nediminuate în prezent. Întrucât majoritatea acestor degradări nu sunt vizibile, pericolul pe care îl reprezintă este în general subestimat. Totuşi, colapsul civilizației sumeriene de acum patru milenii şi apoi al celei mayaşe, în secolul al IX-lea, atribuit, în parte, pierderii calităților pământului agricol, este o mărturie a importanței fundamentale a sănătății solului. Marile descoperiri arheologie au avut loc în deşerturi.

Solul este esențial pentru fertilitatea pământului. În general, doar un strat de 15 centimetri de la suprafața solului este bogat în materii organice, minerale, substanțe nutritive, insecte, microbi şi alte elemente necesare unui mediu hrănitor pentru plante. Pierderea sau descompunerea acestor proprietăți ale solului prin eroziune sau alte forme de degradare diminuează cu timpul fertilitatea solului.

Evaluările făcute de specialişti, sub egida ONU, în 1991, estimează că de la sfârşitul celui de al doilea război mondial şi până în 1991, 552 milioane hectare – 38% din suprafața globală cultivată în prezent – au fost deteriorate din cauza proastei administrări agricole a terenurilor arabile. Proporția terenurilor degradate, pe zone geografice, se prezintă astfel: America Centrală – 74%; Africa – 65%; America de Sud – 45%; Asia – 38%; America de Nord – 26%; Europa – 25%; Australia – 16%.

În România există un total de circa 15 milioane hectare teren agricol, din care 9.340.000 hectare teren arabil, iar restul fiind păşuni, vii şi livezi. Din totalul terenului arabil: 18% are calitate foarte bună; 35% calitate bună; 29% calitate mijlocie; 13,5 calitate slabă şi 5% calitate foarte slabă. Județul Iaşi are o suprafață totală de 546.757 hectare, din care 376.735 hectare teren agricol (249.887 hectare, adică 66% arabil; 105.037 hectare, adică 28% pajişti şi 21775 hectare, adică 6% vii şi livezi). În Județul Iaşi: 18% din terenul arabil are calitate foarte bună; 35% calitate bună; 29% calitate mijlocie; 13% calitate slabă şi 5% calitate foarte slabă.

În general, factorul principal al degradării îl constituie eroziunea, ponderea ei fiind de 84% din cauze. Al doilea factor îl constituie defrişarea pădurilor tropicale. Un al treilea factor îl constituie salinizarea terenurilor agricole irigate, circa 20% din suprafața mondială irigată fiind afectată de acest fenomen. Un al patrulea factor îl constituie scoaterea din circuitul agricol a unor întinse suprafețe din cauza urbanizării şi industrializării – în China, între 1987 şi 1992, au fost scoase din circuitul agricol, pentru urbanizare şi industrializare, 5% din terenurile arabile de la acea dată.

7.4. Degradarea apelor

În Convenția privind colaborarea în domeniul protecției mediului înconjurător, de la Sofia, din decembrie 1991, ratificată prin Legea nr. 97/16 septembrie 1992, la art.1 se precizează: ***"Poluarea apelor înseamnă acea schimbare a compoziției apelor, care le face dăunătoare pentru sănătatea oamenilor, neadecvate pentru întrebuințarea economică sau recreativă, şi duce la deteriorarea florei şi faunei din mediul acvatic"***.

Apa este un constituent esențial al materiei vii, reprezentând în mamifere circa 93% din greutatea sângelui şi circa 80% din masa musculară; organismul multor animale inferioare (spongieri, meduze) este alcătuit în procente de peste 90% din apă.

În natură, apa joacă un rol de factor limitant în dezvoltarea şi distribuția organismelor pe glob (de exemplu, reducerea precipitațiilor anuale sub 72 cm/m^2 opreşte dezvoltarea arborilor, iar sub 25 cm/m^2 determină apariția pustiurilor).

La nivel planetar, apa reprezintă o componentă a învelişului pământului, ocupând circa 70% din suprafața Terrei; apa de pe suprafața pământului alcătuieşte un înveliş compact sub denumirea de hidrosferă.

Din punct de vedere ecologic, Oceanul Planetar – prin stabilitatea mai mare şi valorile mai constante ale unor factori (salinitate, temperatură, presiune, lumină etc.) – obligă organismele la adaptări mai riguroase de structură şi comportament.

Pământul dispune de 1,4 miliarde de kilometri cubi de apă dar, din această cantitate enormă, 97,2% o formează mările şi oceanele, 2% ghețurile Arcticii şi Antarcticii şi numai 0,8% apă dulce. Ori, tocmai acest minim procent – supus ciclului permanent de evaporare, precipitații, înfiltrare – este cel care acoperă nevoile de apă ale omului.

Apa poate fi în mări şi oceane şi apă continentală. Apa din mări şi oceane reprezintă leagănul vieții, în care au apărut primele forme de viață. Dar, pentru menținerea vieții pe Terra, prezintă importanță deosebită apa continentală. Apa continentală este apa care se găseşte pe continente sub formă de: fluvii, râuri, pâraie, izvoare, lacuri, bălți etc. Din apele continentale fac parte şi cei circa 35 milioane de kilometri cubi de calote glaciare şi ghețuri permanente.

Potențialul mondial al apelor curgătoare este de 20 de mii de kilometri cubi.

Viața în apele curgătoare este influențată de debitul şi valoarea curentului. Biocenozele sunt mai slab reprezentate în apele curgătoare şi mai bogate în cele stagnante. Acestea din urmă sunt populate de consumatori primari (artrapode, viermi, peşti) şi secundari (carnivore din unele grupe de nevertebrate sau vertebrate: peşti, batracieni), precum şi tritrivore (în special viermi).

Apa care conține până la 0,5 g/l săruri dizolvate, fiind bună de băut (potabilă) pentru om şi animale şi care, de regulă, se utilizează în procesele industriale se numeşte apă curată. Apa curată nu conține microorganisme dăunătoare, patogene.

Apa cu o concentrație de săruri dizolvate de circa 0,5 g/l se numeşte apă dulce. Disponibilul de apă dulce este de circa 20 mii de kilometri cubi, fiind concentrată în apele continentale de suprafață şi de adâncime (freatice). Anual se consumă circa 2200 miliarde de metri cubi de apă dulce, din care 73% în agricultură, 22% în industrie şi 5% în activități menajere. Consumul repartizat pe locuitor este de 5000 l/zi/om în SUA, 2000 l/zi/om în Europa Occidentală şi 50 l/zi/om în țările slab dezvoltate; cantitățile fiind mereu în creştere. Din consumul de 2200 miliarde metri cubi, peste 1050 miliarde metri cubi se întorc în apele curgătoare ca ape poluante, numite şi ape reziduale.

Apa reziduală este aşadar apa rezultată din procesele industriale şi activitățile menajere, care conține diferite elemente sau substanțe chimice nocive, microorganisme patogene (virusuri, bacterii, ouă sau larve de insecte etc.).

Apa este prin excelență purtătorul vieții. Aşa cum se cunoaşte, antropologii consideră că viața a apărut în apă. Dar, în ultimul timp a devenit şi aducătoare de moarte, datorită poluării ei şi deci transformând-o din apă curată, potabilă, în apă murdară, poluată, degradată calitativ şi ca urmare aducătoare de moarte. Evident că primele victime au fost viețuitoarele din ape, peştii; dar, acum apa infestată cu tot felul de toxine a devenit foarte periculoasă pentru om şi toate viețuitoarele de pe Terra.

Dar cine poluează apele ? Aşa cum s-a specificat anterior ***"poluarea este prețul progresului tehnic şi industrial, ca şi al exploziei urbane"***, cum scria Edouard Bonnefous, membru al Academiei Franceze. Într-o perioadă când încă nu se cunoştea suficient influența industrializării agriculturii asupra apelor, la nivelul anilor '60...'70, Edouard Bonnefous considera că ***"poluarea provocată de industrie reprezintă 60% din total, adică circa 2/3; deversările urbane 31%, adică circa 1/3 din poluarea totală"***.

Pentru a avea unele evaluări cantitative, iată o statistică aproximativă: pentru a se produce un kilogram de grâu sunt necesari 1500 litri de apă; 4500 litri de apă pentru un kilogram de orez; 25 litri de apă pentru un litru de bere; 2700 litri de apă pentru unul de alcool; 10000 litri de apă pentru un kilogram de bumbac; 10 litri de apă pentru rafinarea unui litru de petrol; între 250 şi 500 litri de apă pentru un kilogram de hârtie; între 300 şi 600 litri de apă pentru un kilogram de oțel; 1000 litri de apă pentru un kilogram de mătase; 500 litri de apă pentru fiecare animal sacrificat într-un abator. Pentru un duş se consumă între 25 şi 50 litri de apă; pentru o baie între 150 şi 200 litri de apă; spălatul lenjeriei cu maşina – 120 litri la o încărcătură; spălatul veselei cu maşina – 65 litri apă (numai între 4 şi 5 litri de apă dacă operațiunea este manuală). Toate aceste cifre şi multe altele, înmulțite cu populația unui oraş, a unei regiuni, a unei țări, dau rezultate uimitor de mari. De aici şi concluziile alarmante ale rapoartelor FAO că lumea riscă să cunoască, nu peste multă vreme, o dificilă penurie de apă potabilă. De fapt, de mai multă vreme, Olanda importă apă potabilă din Norvegia.

Dar, nu este suficient să afirmăm că civilizația urbană şi industrială este răspunzătoare de creştere a poluării apelor. Pentru a înțelege mai bine mecanismele şi efectele acestei poluări, este necesar să revenim şi să prezentăm conținutul noțiunii de apă curată.

Apa este un lichid prin excelență biologic. Ea nu este numai un vehicul inert, ci poate stabili legături cu alți constituenți ai materiei vii. Apa nu este numai un mediu care conține în soluție gaze, substanțe minerale sau organice, ci este şi un mediu viu. Grație oxigenului, gazului carbonic şi sărurilor minerale pe care le conține, ea face posibilă viața animală şi vegetală. Miliarde de ființe microscopice se află pe fundul lacurilor şi râurilor sau se găsesc în suspensie în apele lor, ele acționează asupra compoziției chimice a acestei ape. Datorită lor peştii se pot hrăni.

În stare naturală, apa dispune de un echilibru stabil, reglat îndeosebi de acțiunea clorofiliană. Dacă ciclul apei s-ar întrerupe, dacă această "rezervă" nu ar fi reînoită, omenirea a muri asfixiată. Într-adevăr, apa conține vegetație care prin fotosinteză eliberează oxigen şi asanează în permanență atmosfera terestră.

Acest mediu viu, care în mod nemijlocit dă viață solului, florei şi faunei, este tulburat de apele reziduale, industriale sau urbane. Modificările sunt de ordin fizic, chimic, biologic sau chiar bacteorologic.

Coloranții în suspensie, de exemplu, care ar părea inofensivi la prima vedere, modifică transparența apei şi gradul de iluminare al mediului acvatic. Acțiunea clorofiliană este diminuată şi se creează tendința instalării anaerobe – cu alte cuvinte, lipsa de aer şi lumină. Pe fundul apei, care conține substanțe organice, încep să se producă fermentații, în vreme ce în stare naturală fundul apei este format din medii în întregime mineralizate.

Tulburările de ordin chimic sunt provocate cu precădere de compuşii toxici care au un efect direct asupra florei şi faunei acvatice.

Tulburările biologice sunt consecința deversării deşeurilor menajere (formate în cea mai mare parte din substanțe organice care, prin fermentare, modifică aciditatea şi conținutul de oxigen) şi alte gaze dizolvate, schimbă compoziția chimică a mediului acvatic. În afară de aceasta, deşeurile menajere conțin, în general, şi germeni primejdioşi ai unor bacterii patogene şi virusuri pe care procedeele clasice de epurare nu le pot distruge întotdeauna.

În fața acestui pericol se iau şi măsuri. Se iau hotărâri şi se fac recomandări adecvate la diferite cvorumuri internaționale a căror aplicare este mai mult sau mai puțin eludată. La Conferința Națiunilor Unite pentru Mediu şi Dezvoltare de la Rio de Janeiro, din iunie 1992, s-a adoptat "Agenda 21", care prevede, printre altele, şi un program de acțiune pentru schimbarea actualelor modele de consum exagerat de apă cu modele de gospodărire rațională a resurselor de apă de suprafață şi subterane, precum şi protecția calității lor. Comisia Economică Europeană a hotărât ca până în anul 2005 toate localitățile să-şi trateze şi să recircule apele reziduale. Dar, ***la nivelul anului 1993, într-un Raport al Comunității Economice Europene, se specifica că în Grecia şi Portugalia aproape toate apele***

reziduale nu suferă nici un tratament. Surprinzător sau nu, nici Bruxellesul, capitala CEE, nu avea stație de epurare a apelor. În Franța numai 50% din apele reziduale erau tratate. Situații asemănătoare erau în toate țările membre ale CEE. Țări, de altfel, foarte bogate, care ar putea să aplice asemenea măsuri. Se poate observa de aici diversiunea informațională propagată de mas-media când afirmă cu "numai în România nu se tratează apele reziduale". Desigur, aceasta nu absolvă de responsabilitatea, în acest sens, factorii decizionali, în domeniu, din țara noastră.

În ce priveşte România, resursele de apă de care dispune țara noastră sunt constituite din apele de suprafață – râuri interioare, lacuri naturale sau artificiale, fluviul Dunărea – şi din apele subterane.

Comparativ cu alte țări, resursele de apă ale României sunt relativ sărace (1,7 mii m^3/loc) fiind de circa 6 ori mai mici decât media pe plan mondial şi de circa 2,5 ori mai mici decât media europeană.

Specialiştii apreciază că, pentru a fi considerate suficiente, resursele de apă ar trebui să se cifreze la circa 3000 m^3/loc/an. În regim natural de scurgere, resursele de apă ale țării noastre sunt insuficiente (numai 5 miliarde m^3/an). Principala sursă de aprovizionare a debitelor de apelor de suprafață şi freatice, precipitațiile, se concentrează, în special, în perioada octombrie-aprilie, iar perioada de vârf a solicitării resurselor de apă este în restul lunilor anului. Din punct de vedere al volumului lor (660 mm/an medie anuală), România se situează pe locul 18 în Europa. Ele variază mult în spațiu (între 350 mm/an în Dobrogea şi 1000-1200 mm/an în zonele montane). La acestea se adaugă un volum de apă în regim amenajat de 13 miliarde m^3/an.

Peste două treimi din apele prelevate din emisar pentru consum, în 1991, au fost returnate sub formă de ape uzate; totalul apelor uzate evacuate ajunse în râuri, se ridică la peste 10 miliarde m^3/an. Din acestea, circa 5,5 miliarde m^3 reprezintă ape de răcire – poluate termic, iar restul – ape poluate chimic, mineralier, biologic, bacteorologic, care necesită epurare. Deversarea unor asemenea cantități de ape reziduale afectează calitatea apelor din râuri – deci a principalei surse de alimentare cu apă, făcând tot mai dificilă asigurarea alimentărilor cu apă din aval. De aceea, epurarea apelor uzate s-a impus ca o cerință a activității de gospodărire a apelor, devenind o veritabilă industrie.

Aportul principal la poluare îl are industria, gospodăria comunală şi locativă, urmate de agricultură şi industria alimentară şi alte ramuri ale economiei naționale.

În cadrul industriei, chimia evacuează cea mai mare parte a substanțelor poluante din apă pe întreaga economie, 56,1%. Dar, păstrarea parametrilor de echilibru între cantitate şi calitate, în condiții de secetă sau excedent, nu poate fi neglijată cantitatea nici unei substanțe poluante oricât de mici, care, în unele cazuri, contribuie substanțial la valoarea unor indicatori de poluare, realizând, totodată, un efect nociv cumulat.

În ceea ce priveşte ***sursele de poluare***, ele sunt reprezentate de folosinţele resurselor de apă; ***agricultura prin folosirea fertilizanţilor chimici, a erbicidelor şi pesticidelor în cantităţi din ce în ce mai mari***. Din sol, odată cu apa din precipitaţii, substanţele poluante pătrund în apa freatică, în râuri, lacuri şi fluvii, iar irigaţiile conduc frecvent la secarea râurilor şi lacurilor prin suprapompare. ***Activităţile industriale poluează direct – prin descărcarea toxinelor în râuri, lacuri şi fluvii – şi indirect prin producerea poluării aerului care contribuie la formarea compoziţiei chimice a ploilor acide. Construirea barajelor pentru centrale electrice ca şi despădurirea conduc la salinizarea râurilor şi lacurilor***.

Creşterea urbanizării agravează toate problemele privind aprovizionarea cu apă şi serviciile sanitare. ***Neepurarea apelor din consumul casnic şi returnarea lor în această stare în râuri şi lacuri, din care multe sunt folosite pentru băut, reprezintă o mare sursă de poluare***. În cele trei forme – fizică, chimică şi bacteorologică – ***poluarea afectează concomitent resursele de apă de suprafaţă şi subterană***, având surse comune. Aceasta face imposibilă separarea lor, chiar teoretică.

Folosirea capacităţilor interne ale resurselor de apă este limitată în momentul de faţă de poluarea semnificativă a apelor râurilor interioare, pe diferite lungimi de bazin, ceea ce face dificilă şi uneori prohibitivă folosirea acestora. Conform STAS 4706/1988, *Categorii şi condiţii tehnice de calitate ale apelor de suprafaţă*, acestea sunt împărţite în patru categorii de calitate, trei considerate corespunzătoare I, II şi III (apele din categoria I-a pot fi utilizate în toate folosinţele, inclusiv apă potabilă pentru populaţie) şi a IV-a, cu ape degradate calitativ sau în afara categoriilor de calitate.

Luând ca indicator de referinţă "potabilitatea" – principala caracteristică a apelor freatice – poluarea acestora este întinsă pe mari suprafeţe şi avansează în adâncime.

În ultimii ani, în ţara noastră s-au construit numeroase instalaţii de epurare a apelor uzate industrial, orăşeneşti sau de la complexele zootehnice, numărul lor crescând de la circa 200 în anul 1950, la circa 3700 la începutul anilor '90. Cu toate acestea, nu este o situaţie prea satisfăcătoare; în condiţiile actuale, se epurează integral 25% din apele uzate, circa 45% se epurează parţial, iar 30% se evacuează în cursuri de apă total neepurate, ceea ce impune, în continuare, un efort considerabil pentru ridicarea capacităţii instalaţiilor de epurare la nivelul volumelor de ape uzate, concomitent cu perfecţionarea tehnologiilor de epurare.

Legea apelor din ţara noastră este foarte fermă din acest punct de vedere; ea stabileşte, în primul rând, că poluarea apelor este interzisă prin lege; în al doilea rând, nu este admisă punerea în funcţiune a nici unei capacităţi noi utilizatoare de apă (capacităţi de producţie sau cvartale de locuinţe) – fără punerea în funcţiune concomitentă a capacităţilor corespunzătoare de epurare a apelor uzate. Se pare, însă, că aceste prevederi nu sunt suficiente şi trebuiesc completate. De asemenea, se impune o contribuţie generală la păstrarea calităţii apelor şi la economisirea acestora.

7.5. Degradarea atmosferică

Degradarea atmosferică este un proces de modificare a compoziției chimice normale a mediului aerian, prin propagarea în acesta de substanțe chimice agresive sau de disconfort, din cauza activităților multiple ale omului, în scopul creşterii calității vieții materiale a speciei umane.

În Convenția de le Geneva, din noiembrie 1979, ratificată de România prin Legea nr.8/25 ianuarie 1991, la articolul 1 se precizează: ***"expresia poluare atmosferică desemnează introducerea în atmosferă de către om, direct sau indirect, de substanțe sau energie care au o acțiune nocivă de natură să pună în pericol sănătatea omului, să dăuneze resurselor biologice şi ecosistemelor, să deterioreze bunurile materiale şi să aducă atingere sau să păgubească valorile de agrement şi alte utilizări legitime ale mediului înconjurător..."***.

Dar, pentru a defini poluarea atmosferică trebuie prezentată compoziția normală (naturală) a acesteia. Compoziția amestecului gazos, numit aer, este formată din: 78% azot, 21% oxigen. În restul de 1% sunt cuprinse gazele rare (heliu, neon, argon, krypton, xenon şi radon) şi bioxidul de carbon (CO_2) în procent de 0,03%. Aerul este saturat cu vapori de apă, concentrația acestora variind între 0 şi 4%.

Plecând de la compoziția normală, poluarea atmosferică corespunde prezenței substanțelor străine sau unei variații importante a proprietăților componentelor aerului, variație care este susceptibilă să provoace efect nociv sau disconfort. Astfel, bioxidul de carbon (CO_2), constituent normal al atmosferei, este poluant atmosferic atunci când concentrația lui depăşeşte 300 p.p.m (părți pe un milion).

Poluanții atmosferici pot fi de natură: **gazoasă – CO_2, CO, SO_2, NO, NO_2, N_2O, NH_3, H_2S,** hidrocarburi; **lichidă** – particule lichide care reprezintă emanații din diferite procese industriale sau apar în această formă prin procese de condensare chimică; **solidă** – care reprezintă particule solide sub formă de pulberi în fumuri de ardere, prafuri industriale, vulcanice sau prafuri provenite de la exploziile atomice (conținând în special doi izotopi radioactivi, **^{90}Sr şi ^{131}I**).

Sursele de poluare atmosferică de natură artificială, produse de om, sunt: **surse industriale** – uzine de produşi anorganici; uzine de produşi organici; uzine de hârtie şi celuloză; industrie alimentară; uzine termoenergetice; fabrici de ciment şi materiale de construcție; uzine siderurgice; uzine de metalurgie neferoasă; **mijloace de transport** – autovehicule; locomotive; nave; avioane; **surse casnice** – crematorii de bloc, cartier, oraş; sisteme de încălzire individuale şi colective.

Trebuie reținut că problema poluării atmosferice este complexă şi că compoziția de detaliu a aerului poluat variază foarte mult în funcție de zona geografică, de configurația geometrică a surselor poluante, temperatură, umiditate, intensitatea luminii etc. Astfel, se vorbeşte mult de străpungerea centurii de ozon în emisfera nordică a pământului, ori nimic mai normal dacă

avem în vedere că atacarea stratului de ozon este cauzată de CFC-uri, că anual omenirea disipa, anual, până în 1996 în atmosferă 400000 tone de CFC-uri şi că 98000 tone (25%) proveneau din SUA şi Canada.

Reluând problema surselor de poluare atmosferică să prezentăm câteva aspecte ale acestora.

Poluarea industrială a aerului. În procesul de poluare atmosferică un rol crescând revine surselor de poluare industrială socotind că activitățile industriale au devenit semnificative ca factor alterator al ambianței în ultimele două secole.

Întreprinderile industriale, dispuse pe vaste teritorii răpite agriculturii, sunt şi energofage (adică mari consumatoare de energie), iar căldura sau energia electrică necesare lor, sunt produse pe baza arderii cărbunelui, petrolului sau gazului metan.

Poluarea atmosferei cu pulberi şi gaze este în special cauzată de următoarele tipuri de industrii: energetică, metalurgică, chimică, industria materialelor de construcții.

Astfel, întreprinderile termoenergetice, care transformă în energie electrică (transportabilă uşor la mari distanțe) căldura şi forța aburului, au devenit din ce în ce mai puternice sub semnul *foamei de energie*, caracteristică ultimelor decenii şi, ca atare, ponderea lor în procesul nedorit de poluarea atmosferei s-a mărit considerabil.

Întreprinderile termoenergetice, bazate pe arderea cărbunelui, care prezintă maximă periclitate sub aspectul poluării, evacuează cenuşa în halde special amenajate, dar, în aerul din jurul lor se constată existența pulberilor de cenuşă, cărbune, funingine, în suspensie de ordinul mg/m^3.an, pe distanțe de 8-20 kilometri. Aceasta este cauza posibilă a micşorării nivelului radiațiilor solare în zonele respective în urma unui efect de ecran.

Bioxidul de sulf (**SO_2**), rezultat prin arderea cărbunilor, este evacuat la înălțimi de 300-500 m dar, din păcate, este prezent şi la nivelul straturilor de sol în concentrații de 20-40 mg/m^3 în cazul termocentralelor care ating puteri instalate de ordinul 10^3 megawați.

În privința intensității emisiilor de SO_2, ca poluant, o centrală termică ce produce 2000 MW/h energie electrică, consumând aproximativ 460 t/h păcură, cu 3,5% sulf, generează o emisie de 32 t/h SO_2. Dacă funcționează pe cărbune, la aceeaşi putere instalată, şi consumă 770 t/h cărbune cu 9% sulf, aceasta corespunde la o emisie de 15 t/h SO_2.

Industria siderurgică manipulează cărbuni, minereuri, execută arderea lor în cocserii, furnale şi oțelării şi în fiecare din aceste faze ale procesului intervin pulberi. O parte semnificativă a acestor pulberi este compusă din particule metalice, compuşi de fluor, arsen, hidrocarburi cu cicluri condensate. Gazele rezultate în procesele siderurgice sunt: **SO_2** (provenit din oxidarea sulfului din cărbune şi minereurile de fier – pirite), **CO**, fenoli, **H_2S**. Întinderea zonei de poluare în preajma întreprinderilor siderurgice de mare capacitate de producție depăşeşte radial 3 kilometri.

Industria metalelor neferoase determină poluarea din faptul că minereurile exploatate în raport cu un anumit metal conţin o gamă largă de combinaţii ale altor metale, aflate însă în proporţii nerentabile pentru exploatarea simultană în raport cu acestea, dar foarte semnificative ca impurităţi, care trebuie înlăturate şi neutralizate. Operaţiile de bază în astfel de industrii corespund extracţiei de minereu, purificării şi rafinării, operaţii care presupun apariţia poluanţilor atmosferici de tipul pulbere, vapori, gaze. Impurităţile frecvent întâlnite în una din aceste faze sunt bioxidul de sulf, mercurul, zincul, cadmiul, arsenul, plumbul şi fluorul.

Periculoase prin remanenţa lor îndelungată sunt aerosolii de plumb şi mercur. În diversele industrii, care sunt grupate sub denumirea de metalurgie neferoasă, o importanţă deosebită în privinţa măsurilor de protecţie a mediului revine producţiei compuşilor de beriliu, care au un prag toxic foarte scăzut, uşor de depăşit.

Industria materialelor de construcţii prelucrează materii prime ieftine (marnă, calcar, nisip, gips), care se găsesc din abundenţă, motiv pentru care randamentul proceselor respective foarte scăzut, nu era privit ca îngrijorător din punct de vedere economic. Pierderile masive din materia primă în procesele de prelucrare mecanică, termică etc., se repercutează însă ca un efect masiv de poluare prin dispersarea în atmosferă a unor cantităţi însemnate de pulberi. Majoritatea acestora se depun la distanţe de ordinul 5-10 kilometri de sursă, provocând înăbuşirea plantelor.

Fig.7.3. Surse de poluare atmosferică

Industria chimică, ajunsă la o enormă dezvoltare cantitativă şi structurală, produce agenţi de impurificare atmosferică de maximă nocivitate şi diversificare, atât în cadrul aceleiaşi întreprinderi, cât şi pe ansamblu, mai ales sub formă de gaze şi vapori, mai rar sub formă solidă.

Din această varietate de substanțe, sunt de reținut, combinațiile gazoase ale sulfului: **SO_2, SO_3, H_2S, CS_2, RSH**; ale azotului: **NO, NO_2, N_2O, NH_3**; clorului: **Cl_2, HCl**; o serie de substanțe organice ca: **CO, CCl_4**, metanol, piridină, formaldehidă, fenol, furfurol, difeniloxid, dietilamină, benzen etc.; poluanți sub formă de pulberi: funingine, fluor şi compuşii de fluor, arsen şi compuşii de arsen, mercur, sedimentabile (netoxice), pesticidele.

Mijloacele de transport reprezintă o categorie importantă şi foarte diversificată de accesorii indispensabile ale civilizației şi, concomitent, produc producători ai poluării factorilor naturali. Din această categorie a mijloacelor de transport ca surse poluante atmosferic, pe primul loc se situează autovehiculele, mai ale în țările cu o densitate mare a acestora. Astfel, în SUA statisticile arătau că în 1990 erau 1,34 persoane/1 automobil, ori, în aceste condiții, poluarea datorată acestor mijloace de transport este deosebit de importantă.

Dar, pentru a avea o imagine asupra volumului de **CO_2** produs de autovehicule, să calculăm câți metri cubi eliberează în atmosferă un autoturism cu ardere corect reglată care consumă 8 *l* de benzină la 100 kilometri.

Pentru simplificare considerăm că benzina ar fi formată numai din izooctan (alcan de formulă brută **C_8H_{18}**, cu masa moleculară 114 şi densitatea $\rho = 0,85\ g/cm^3$.

Rezolvare. Scriem ecuația procesului de ardere completă:

$$C_8H_{18} + 25/2\ O_2 = 8\ CO_2 + 9\ H_2O$$

Dacă la 114 kg C_8H_{18} corespund 8.22,4 m^3 CO_2, atunci, pentru:

$$\frac{0,85.8000}{1000} kg\, C_8H_{18} = 10,6 m^3\, CO_2$$

Mijloacele de transport cu motoare cu abur (locomotive, nave) produc o impurificare a atmosferei prin fumul pe care-l evacuează pe coşuri.

Avioanele, la rândul lor, consumă benzină de calitate superioară fapt care determină eliminarea unor produşi mai puțin poluanți. Însă, efectul negativ este amplificat de faptul că zborul avioanelor la înălțimi din ce în ce mai mari injectează poluanții în straturile superioare ale atmosferei, direct în straturile protectoare de **CO_2** şi de ozon, cu consecințe negative asupra acestora.

Sistemele casnice de încălzire şi utilitate culinară contribuie, de asemenea, în mod substanțial la poluarea atmosferică.

7.5.1. Poluanți radioactivi ai aerului

Încă după primele serii de explozii atomice experimentale efectuate de către marile puteri posesoare de armament nuclear în zone îndepărtate şi nelocuite ale globului, s-a constatat că precipitațiile şi praful, depus din atmosferă pe diverse instalații, din zone foarte distanțate de cele în care fuseseră efectuate experimentările, erau radioactive şi conțineau **^{90}Sr, ^{137}Cs** şi alte câteva elemente radioactive.

Fondul de radiații global nu a crescut simțitor față de cel datorat surselor naturale de radiație, a rocilor radioactive sau razelor cosmice din spațiul extraterestru. Dar, pericolul constă în faptul că **^{90}Sr** circulă prin mediu împreună cu calciul, cu care se aseamănă chimic, fiind în aceeaşi grupă a sistemului periodic. Ca atare, ^{90}Sr este extras cu aviditate din sol de către plante, încorporat în hrană şi astfel ajunge în organismul uman unde se fixează cu predilecție în celulele osoase pe care le iradiază, putând fi cauza declanşării cancerului osos.

7.5.2. Raportul O_2/CO_2 în aer şi consecințele variației lui pe măsura acumulării de CO_2

Disiparea în atmosferă a peste 22 miliarde tone de **CO_2** anual din activitățile umane este cauza esențială a creşterii procentului de bioxid de carbon în atmosferă.

La începutul revoluției industriale, cu baza energetică axată pe cărbuni şi petrol, procentul de **CO_2** din atmosfera era situat la valoarea de 0,03%. Actualmente, acest procent este de 0,033%, iar pentru anul 2050 se prefigurează (la menținerea actuală a ritmului de creştere) o valoare de circa 0,06%. Aceste cifre sunt neliniştitoare din mai multe motive.

În primul rând, bioxidul de carbon este un gaz mai greu decât oxigenul şi azotul şi deci el se va acumula preponderent în straturile inferioare ale atmosferei, odată cu micşorarea valorii raportului **O_2/CO_2**.

În tabelul 7.5 s-au selectat pentru **O_2**, **N_2** şi **CO_2** valorile unor proprietăți ale acestor componente din atmosferă, care au importanță în cazul când se schimbă proporția lor relativă.

Tabelul 7.5

Date fizice pentru **O_2**, **N_2** şi **CO_2**

Substanța	Coeficient de viscozitate (g/cm.s)	Coeficient de difuzie (cm^2/s)	Coeficient de conductibilitate termică (cal/cm.s)	Căldura moleculară la:		$\gamma = C_p/C_v$
				p = ct.	v = ct.	
O_2	203	0,178	5,80	7,00	5	1,40
N_2	175	-	5,68	7,03	5	1,40
CO_2	148	0,139	3,38	8,81	6	1,33

Din examinarea datelor din tabelul 7.5, rezultă că în special datorită conductibilității termice mai scăzute, asociată cu o capacitate calorică mai mare a bioxidului de carbon (CO_2), în comparație cu aceleaşi proprietăți pentru oxigen (O_2) şi azot (N_2), la mărirea procentului de CO_2, au loc diverse fenomene şi anume:

Odată cu acumularea de CO_2 în atmosferă, la aceeaşi cantitate de energie solară (primită de suprafața pământului sub forma radiațiilor ultraviolete vizibile şi infraroşii) incidentă, pierderile de căldură vor fi din ce în ce mai reduse, fenomenul fiind cunoscut sub denumirea de ***efect de seră***. Mărirea procentului de CO_2 în aerul atmosferic poate schimba echilibrul termic la nivelul planetei, iar creşterea temperaturii pe planetă va duce la topirea gheţurilor din regiunile polare şi va fi urmată de o creştere rapidă a nivelului oceanului planetar.

O altă consecință a modificării raportului O_2/CO_2 datorită poluării se referă la modificarea activităților vitale ale ființelor cu organizare superioară. Azi este cunoscut faptul că bioxidul de carbon reprezintă unul din factorii importanți care reglează activitatea centrelor respiratorii[5]. Orice variație în plus sau în minus, a concentrației de CO_2 din sânge determină modificări ale activității centrelor respiratorii. O creştere de numai 0,2% a concentrației de CO_2 din aerul alveolar, deci şi din sângele arterial cu care acesta se află în echilibru, determină dublarea frecvenței şi creşterea amplitudinii respirațiilor.

Variațiile concentrației CO_2 sangvin modifică automatismul centrelor respiratorii, fie prin acțiunea directă, fie prin modificarea concentrației ionilor de hidrogen H^+ în lichidul cefalorahidian. Aceasta, deoarece CO_2 pătruns în lichidul cefalorahidian se hidratează, formând acid carbonic H_2CO_3, care disociază rapid generând ioni de hidrogen (HCO^-_3, H^+).

Scăderea oxigenului dizolvat fizic în plasmă determină stimularea mai slabă a centrelor respiratorii prin intermediul chemoreceptorilor sinusului carotidian şi al crosei aortice. Legat de balanța cantității de oxigen din atmosfera terestră mai este de considerat şi un alt aspect[6]. Din oxigenul existent în aer, sub acțiunea radiațiilor solare se formează o varietate alotropică[7] a oxigenului, ozonul. În molecula de ozon intră trei atomi de oxigen, molecula formându-se cu consum de energie conform reacției:

$$3O_2 \xrightarrow{h.\nu} 2\,O_3$$

$$\Delta H_{formare} = 39{,}9\,kcal = 166{,}78\,kJ$$

Ozonul se caracterizează printr-o mare tendință de a reacționa, de aceea el se află în concentrație maximă de 1.10^{-6}% în volume doar la înălțimea de 22 kilometri.

---

[5] Teodorescu Exarcu, Ileana Cuihat, Silvia Ghergulescu, Maria Soigan, *Biologie*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1983, p.66

[6] Barry Commoner, *cercul care se închide. Natura, omul şi tehnica*, Editura Politică, Bucureşti, 1980.

[7] Solomon Sternberg, Ortansa Landauer, Cornelia Mateescu, Dan Geană, Teodor Vişan, *Chimie fizică*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1981

Reconstituind "imaginativ şi raţional" formarea ciclurilor vitale pe Terra, savanţii au ajuns la ipoteza că suprafaţă pământului primordial era scăldată într-un "foc" de radiaţii ultraviolete, care au transformat stratul de metan, apă şi amoniac într-o *"supă de compuşi organici"*. Din aceasta s-au ivit primele vieţuitoare, protejate de apa oceanului planetar contra focului "*dătător de viaţă şi ucigător în acelaşi timp*"[8] al radiaţiilor solare.

Când atmosfera terestră şi-a dobândit oxigenul prin activitatea de fotosinteză a plantelor verzi, ea şi-a format, de asemenea, şi o *"pătură protectoare"* de ozon. De ce apelativul de pătură protectoare pentru stratul atât de subţire de ozon ? Pentru că din spectrul razelor solare ozonul absoarbe radiaţii între 2500÷3000Å, *"reducând intensitatea radiaţiei ultraviolete în suficientă măsură pentru ca fiinţele vii să poată ieşi de sub apă şi să-şi înceapă răspândirea pe suprafaţa planetară"*.

Observaţie. Spectrul de absorbţie al ozonului se caracterizează printr-o bandă intensă de absorbţie, centrată la 2540 Å, o bandă de absorbţie în regiunea roşie a spectrului vizibil (motiv pentru care este albăstrui în stare gazoasă şi albastru intens ca lichid) şi două benzi în regiunea infraroşie a spectrului la 4,7 şi 9,15 μm. Întotdeauna lumina ultravioletă de lungime de undă mică (şi energie mare) transformă parţial oxigenul în ozon. De aceea se simte mirosul caracteristic al ozonului în apropierea lămpilor de cuarţ cu vapori de mercur (mercurul emite radiaţii chiar în acest domeniu, λ_{Hg} = 2537 Å). Se poate forma ozon în toate procesele în care apar atomi liberi de oxigen care se unesc cu molecula de oxigen, dar în condiţii de temperatură înaltă şi în prezenţa impurităţilor, intervine reacţia de descompunere a ozonului cu cedare de căldură: $\mathbf{O_3 \rightarrow O_2 + O +}$ energie termică. Energia degajată în timpul descompunerii nocturne, conform acestui proces, contrabalansează pierderile de căldură ale Terrei, determinând menţinerea echilibrului termic al globului.

Dacă în urma extinderii fără măsură a ariei activităţii umane s-ar reduce cantitatea de ozon din stratosferă *"viaţa terestră ar fi grav ameninţată de radiaţia ultravioletă a soarelui. Din nefericire, anumite activităţi umane măresc această primejdie. Un exemplu este avionul supersonic"*[9].

7.6. Protecţia păturii protectoare de ozon

Aşa cum s-a specificat mai sus, viaţa pe Pământ este protejată de o pătură de ozon, împotriva razelor ultraviolete emanate de Soare.

Pentru creşterea confortului speciei umane, după primul război mondial, au fost inventate diverse sisteme frigorifice, de aer condiţionat, pulverizatoare etc., la a căror funcţionare s-a descoperit, că cel mai nimerit

---

[8] Barry Commoner, *cercul care se închide. Natura, omul şi tehnica*, Editura Politică, Bucureşti, 1980.

[9] Barry Commoner, *cercul care se închide. Natura, omul şi tehnica*, Editura Politică, Bucureşti, 1980.

agent de lucru, sunt gazele clorofluorocarbon – CFC, cunoscute sub numele comercial de freoni.

La sfârşitul anilor 1920, când au fost inventaţi freonii, ei erau consideraţi substanţe chimice miraculoase – netoxice, neinflamabile, necorosive şi stabile. Aceste proprietăţi au contribuit la utilizarea lor cvasigeneralã ca propulsori în tuburile cu aerosoli, ca spumanţi, ca solvenţi şi ca agenţi de răcire la frigidere şi la aparatele de aer condiţionat şi, începând cu anii '80, ca solvenţi la curăţirea plăcilor pentru circuite integrate şi a chip-urilor din dotarea computerelor în Silicon Valey din California. Ca rezultat, producţia mondială de freoni a crescut rapid.

Însă, după circa 50 de ani, mai precis în 1974, chimiştii Mario Molina şi Sherwood Rowland, de la Universitatea California din Irvine, au publicat un articol în revista *Nature*, prin care lansau ipoteza că, deşi stabilitatea freonilor este foarte apreciată în industrie, ea s-ar putea dovedi letală pentru stratul de *ozon*, dat fiind că freonii proveniţi din surse amplasate la sol ar putea ajunge intacţi în stratosferă. Acolo, radiaţia solară îi poate scinda în atomi liberi de clor cu reactivitate ridicată, catalizând astfel reacţii în lanţ care ar putea distruge ozonul pe scară mare, evident, cu efecte negative asupra existenţei vieţii pe Terra.

Ipoteza cuprinde tot mai mulţi adepţi în lumea ştiinţifică şi ea începe să fie tot mai mult confirmată de cercetările experimentale în domeniu, efectuate de pe sateliţi de către NASA. Pentru iniţierea acestor cercetări în domeniu, chimiştii Mario Molina şi Sherwood Rowland şi, alături de ei, Paul Crutzen de la Institutul Max Planck, din Germania, au primit în 1995 Premiul Nobel pentru chimie.

Dar, lupta a fost crâncenă între oamenii de ştiinţă şi interesele marilor companii producătoare de freoni din SUA, până s-au adoptat măsuri de eliminare din fabricaţie a freonilor, în ianuarie 1996. Circa 80% din producţia de freoni, la sfârşitul deceniului '80, când s-a semnat primul protocol de la Montreal, se realiza în şase mari companii nord-americane şi vest-europene: Du Pont, Atochem, Allied-Signal, Imperial Chemical Industries, Hoechst şi Montefluos. Acestea tot timpul au finanţat campanii publicitare că nu freonii ar fi fost vinovaţi de distrugerea stratului de ozon. Numai unul din rapoartele NASA dat publicităţii în aprilie 1991, în care se specifica că rarefierea păturii de ozon ce avea loc în emisfera nordică a globului, avea o intensitate mult mai mare decât se estimase iniţial şi că pune în pericol viaţa a circa 200000 de persoane anual numai în SUA, pentru cancer de piele, sub presiunea deosebită a opiniei publice companiile americane, în frunte cu Du Pont, au cedat, acceptând efectuarea de cercetări pentru înlocuitori.

Compania Du Pont şi-a accelerat programele de cercetare menite să pună la punct alternative şi să conducă la brevetarea lor. Compania a anunţat că investise în elaborarea substituenţilor pentru freoni 450 milioane de dolari şi că se aştepta să cheltuiască în acest scop un miliard de dolari până la sfârşitul anului 1995.

Eforturile companiilor din domeniul chimiei s-au orientat preponderent către două tipuri de compuşi – derivați clorurați (**HFC**) şi derivați fluorurați (**HCFC**).

Dar, surpriză ! Noii derivați, la rândul lor, sunt substanțe care rarefiază ozonul, deşi într-o măsură mult mai mică decât **CFC**-uri, dar se descompun mult mai uşor, ceea ce înseamnă că emisiile actuale vor provoca cele mai mari pagube în următorii 10-20 de ani – tocmai în perioada când se prevede că stratul de ozon va avea cel mai mult de suferit.

Totodată, ca şi freonii, **HCFC** şi **HFC**, sunt şi gaze de seră redutabile. De exemplu, la 100 de ani după ce este degajată în atmosferă, o tonă de CFC-11 va contribui la încălzirea la nivel global de 4000 de ori mai mult decât aceeaşi cantitate de bioxid de carbon (CO_2); o tonă de HCFC-22 va produce o încălzire de 1700 de ori mai accentuată, iar o cantitate comparabilă de HFC-134 va avea un efect de 1300 de ori mai puternic. În afară de contribuția lor la încălzirea globală, HCFC şi HFC mai au, amândouă, şi altă urmare potențial îngrijorătoare: studiile recente formulează ipoteza că, în atmosferă, aceste substanțe se scindează formând acizi, cum este acidul trifluoracetic, care cade pe Terra odată cu precipitațiile şi se poate acumula în unele zone în concentrații destul de mari pentru a intoxica plantele.

Însă, aceste substanțe înlocuitoare au fost acceptate de semnatarii protocoalelor internaționale în domeniu întrucât industria chimică a susținut că nu va investi în noi substanțe înlocuitoare dacă este improbabil să-şi recupereze investițiile. Guvernele au subscris acestui argument ca urmare a necesității urgente de a se renunța la freoni, care sunt mult mai puternici.

Ce se desprinde de aici ? Faptul că problema nu este rezolvată şi că campania publicitară care se face în acest scop nu este decât o poluare informațională, mai ales că încă nu se cunosc toate efectele secundare ale acestor înlocuitori. S-a menționat la început campania publicitară făcută freonilor la descoperirea lor.

7.7. Cum se poate reduce cantitatea de CO_2 din atmosferă ?

S-a menționat mai sus pericolul creşterii în continuare, în atmosferă, a cantității de CO_2. Poate fi redus ? Desigur ! Cum ? Stimulând consumatorii acestuia. Care sunt ? Producătorii primari de substanțe organice – componenții florei pământene.

Pădurea matură asigură cea mai mare productivitate de fixare a carbonului din CO_2, astfel că pădurea ocupă un loc important, în cadrul florei, pentru menținerea echilibrului între componentele ecosistemelor.

Dar nu numai pentru echilibrul atmosferic[10]. Influența pădurii asupra vieții omului este imensă, sub multe aspecte. Toată ființa sa, ethosul său,

---

[10] Coman Gheorghe, Coman George-Ştefan, *Pădurea în pericol*, În Buletin ştiințific nr.1/1998, editat de Fundația Ecologică "Dimitrie Cantemir" Iaşi, p. 135-142.

obiceiurile şi religia sa, totul s-a format la umbra pădurii şi chiar concepţiile lui despre sine însuşi şi despre lume, în general, germinează în foşnetul verde al pădurii. Cultura umană s-a făurit la umbra pădurii. Poporul român, aşa cum menţionează marii noştri istorici, a rezistat, în faţa hoardelor asiatice, la umbra pădurii. Mitologia umană este, în mare parte, mitologia pădurii. Muma pădurii este un personaj curent în basmul popular românesc.

Însă, dacă germenii culturii au apărut la umbra pădurii, răspândirea ei a început prin distrugerea pădurii. Omul epocii de bronz se pricepea să prelucreze o grindă şi să doboare un copac nu prea mare. El nu era însă în stare să desţelenească o pădure şi de aceea oamenii îi dădeau foc. Aşa a început primul val al civilizaţiei umane, cu revoluţia agricolă; omul a început să devină cultivator, din culegător. Aşa au făcut popoarele europene şi tot aşa au făcut colonişţii în America. Toponimia cu terminaţii în *"brandt", "schwand", "rent", "hag"*, sunt reminiscenţe din vechea "cultură" a focului.

Deşi lupta cu pădurea, omul se punea totuşi sub protecţia ei, atunci când îl ameninţa un duşman. Nici o graniţă naturală nu se poate asemăna cu pădurea, nici apa, nici muntele. Coasta mării este totdeauna deschisă unui atac. Munţii n-au oprit nici pe Alexandru cel Mare, nici pe Hanibal, nici pe Napoleon etc.; în schimb, pădurile germane au pus stavilă întinderii imperiului roman. Lupta ruşilor cu mongolii a fost lupta pădurii cu stepa; atacurile tătarilor s-au frânt la marginea pădurii ruseşti şi în pădure au strâns ruşii forţe pentru o contraofensivă. Incaşii peruani au trecut munţii fără greutate, dar n-au mai putut pătrunde spre răsărit, pentru că s-au oprit la un zid de pădure de netrecut. Din aceleaşi motive, colonişţii americani n-au putut trece timp de două sute de ani spre apus peste munţii Anzi. De aceea nu trebuie să ne mire că cuvântul german vechi nordic *"mork"*, din care a ieşit mai târziu *"mark"*, înseamnă pădure.

Iniţial, relaţia omului cu pădurea se desfăşura pe două planuri: vânat şi nutreţ. Crearea agriculturii a început cu defrişarea unor păduri, cu restrângerea ariei de întindere a acestora.

Trecerea de la economia naturală, la economia manufacturieră şi apoi la cea industrială, s-a făcut prin distrugerea continuă a pădurii, prin restrângerea continuă a ariei de întindere a ei.

Prima manifestare pe scară largă a omului împotriva pădurii s-a petrecut în Anglia. Astfel, pe timpul lui Carol I, s-au pus chiar premii pentru distrugerea pădurilor, întrucât vroia să se cultive mai mult grâu. Cromwell a făcut acelaşi lucru de dragul păşunilor pentru oi; pe atunci industria lânii câştigase deja locul cel mai important în economia naţională engleză. În Spania pădurile au fost distruse de dragul "merinosului". În Provence şi în Balcani se trimeteau, la păscut, capre ceea ce avea acelaşi rezultat, pentru că mâncau lăstarii.

Dar, distrugerea masivă a pădurilor a început odată cu creşterea concentrărilor urbane şi a industriei de prelucrare primară a metalelor. Pădurile erau sacrificate pentru lemn folosit drept combustibil la încălzirea

locuințelor şi ca agent energetic la topirea metalelor. Puternica industrie a fierului a luat naştere peste tot, la început, în păduri; în Anglia punctul ei central a fost the Forest of Dean (Codrul de la Dean), în Europa centrală Hartz, Siegerland, Silezia şi Stiria, în Rusia Uralii, în America pe malul Atlanticului etc.

Urmarea a fost că încă în secolul al XVIII-lea au început să apară plângeri în privința distrugerii pădurilor.

Observații îndelungate au stabilit că pădurea menține o climă constantă în zona ei de existență. În păduri este ceva mai răcoare decât în atmosfera înconjurătoare. De asemenea, pădurile păstrează umezeala solului. Această credință datează de multă vreme; şi Homer scria că nimfele au fost născute în izvoarele din dumbravele sfinte. Cu toate acestea, distrugerea pădurilor a continuat cu şi mai mare înverşunare.

Cea mai intensă defrişare şi cea mai întinsă suprafață de pădure distrusă de civilizația primei revoluții industriale a avut loc în America.

Fig.7.4.Scara timpului pentru refacerea unei păduri mature

America secolului al XIX-lea a fost construită din lemn. Case şi oraşe întregi, poduri şi coşuri erau făcute din lemn. Străzile au avut primele pavaje din lemn. De asemenea, căile ferate aveau nevoie să transporte cât mai mulți călători şi cât mai multe mărfuri, ele au colonizat populație agricolă de-a lungul căilor ferate şi i-au ajutat să distrugă pădurile. Când scânteile locomotivelor, acționate cu aburi obținuți prin arderea lemnelor, provocau un incendiu, regii drumului de fier zâmbeau fericiți. Focul era tovarăşul lor, atât la propriu, cât şi la figurat. El curăța locul pentru viitorii călători.

Este greu a ne face o imagine de proporțiile pe care le luau incendiile forestiere în America. De exemplu, în 1871 a ars pur şi simplu un stat întreg – câteva milioane de hectare de pădure, de zece ori mai mult decât consumau atunci SUA într-un an; în 1908, fluviul de foc s-a văzut peste o zonă de 300 kilometri lungime; în august 1910, focul a distrus în statul Idaho câteva zeci de colonii – s-au prăpădit în flăcări opt oraşe şi câteva sute de oameni.

Dar, dezastrul pădurilor a continuat şi continuă şi astăzi când distrugerea fondului forestier decurge cu şi mai multă intensitate. Se afirmă că în lumea

întreagă, în fiecare minut, se distruge, în medie, circa 20 hectare de pădure: prin tăiere, incendii şi alte dezastre naturale sau efectuate de mâna omului. Nimeni nu replantează atâția arbori încât, după un timp, paguba să nu fie ireparabilă, sufocantă. Acesta este poate adjectivul cel mai potrivit, deoarece pădurile sunt *"plămânul verde"* al omenirii.

Pădurea asigură refacerea echilibrată a compoziției chimice a atmosferei pământeşti. Dar pădurea este în mare pericol şi odată cu ea însăşi existența vieții pe pământ. Pericolul vine pe de o parte datorită defrişărilor pentru lemne de foc, lemn de construcție, hârtie şi alte produse mai puțin esențiale, iar pe de altă parte datorită îmbolnăvirii ei cu diverse emanații nocive.

Deşi despădurirea primejduieşte aprovizionarea viitoare cu lemne de foc, lemn de construcții şi hârtie, contribuind la eroziunea solului, la inundații şi la aluviuni, se întreprinde prea puțin pentru a răsturna aceste tendințe. Însă, distrugerile prin îmbolnăvire sunt mult mai devastatoare întrucât sunt imprevizibile. Semnele s-au adunat progresiv; la început nu se înțelegea despre ce este vorba.

Importanța ecologică a pădurii ? Este multiplă. În primul rând captarea de energie prin fotosinteză şi capacitatea de fixare a carbonului în diferite ecosisteme. În al doilea rând, neutralizarea eficientă a emanațiilor de CO_2, care, în 1993, s-au ridicat la 22.340.000.000 tone pe tot globul.

Acum la început de nou mileniu, suprafața totală a pădurilor Terrei este de circa 4,2 miliarde ha, ceea ce reprezintă aproximativ jumătate din cele pe care le deținea planeta în urmă cu două milenii.

7.8. Smogul şi ploile acide

Cuvântul ***smog*** este un neologism introdus în vocabularul obişnuit tocmai de activitatea ecologică şi desemnează ceața densă amestecată cu fum, care se formează la înălțime în atmosferă, în regiunile puternic industrializate. Cuvântul ***smog*** este un termen compus din cuvintele englezeşti: ***smoke = fum*** şi ***fog = ceață***, rezultând ***fum combinat cu ceață*** sau, prin prescurtare, simplu ***smog***.

Dar, în cazul smogului nu se defineşte simplu un fum combinat cu ceață. Smogul defineşte, prin conținutul său, o ceață persistentă, conținând poluanți în concentrații peste limitele admise sau aer puternic poluat, cu transparență redusă, care stagnează într-o zonă mai multe zile în şir.

Smogul se formează printr-o reacție fotochimică dintre diverşi constituenți poluanți atmosferici, expuşi la o insolație puternică şi nu apare, de obicei, decât în aerul oraşelor cu un climat de tip mediteranian. La o concentrație de câteva zeci de p.p.b. (părți pe un miliard), smogul poate provoca animalelor şi omului puternice iritații oculare şi periculoase daune plantelor. Frecvent concentrația sa în oraşele cu climat însorit şi foarte poluat este sub 50 p.p.b. Smogul, de obicei, poate fi din punct de vedere chimic, oxidant sau reducător.

Smogul oxidant este smogul care conține oxizi de azot, ozon formaldehidă, acroleină, peroxizi ai unor compuşi organici etc. Smogul oxidant a fost semnalat, prima oară, la sfârşitul deceniului al cincilea, în oraşul Los Angeles (SUA): în prezent este cunoscută manifestarea lui şi în alte oraşe ale lumii: Batumi, Moscova, Geneva, Rotterdam, Stockholm, Tokyo etc. Smogul oxidant are asupra organismelor efecte cancerigene.

Fig.7.5. Sursă de poluare atmosferică

Smogul reducător este smogul în care predomină fumul şi bioxidul de sulf (SO_2). În prezența radiațiilor ultraviolete, SO_2 se transformă în anhidridă sulfurică (SO_3), conform reacției:

$$SO_2 + (1/2)\ O_2 \rightarrow SO_3 + 22\ kcal.$$

În contact cu vaporii de apă din atmosferă se va forma acid sulfuric, după reacția:

$$SO_2 + H_2O \rightarrow SO_3H_2 + 18\ kcal$$

iar ulterior, SO_3H_2 se transformă, spontan, sub influența prafului metalic din atmosferă, în acid sulfuric. În ultimul timp s-a pus în evidență un alt tip de reacție care survine în atmosfera contaminată:

$$SO_2 + H_2O + NO_2 \rightarrow SO_4H_2 + NO$$

Prin reacție cu cationii prezenți în aer, în particular, cu amoniacul şi diverse metale bazice, se formează sulfați, adesea solizi, care cad pe sol odată cu precipitațiile. Primul accident înregistrat, ca urmare acțiunii smogului, a fost accidentul din Valea Meusei (Belgia) din anul 1930. În acest dezastru au murit 60 de persoane, alte câteva sute fiind intoxicate. Chiar şi vitele au suferit. Dar ce s-a întâmplat ? În prima săptămână a lunii decembrie

1930, Belgia era învăluită de o ceață densă, Valea Meusei a fost, în plus, atinsă de o inversiune de temperatură, între Huy şi Seraing. În această vale îngustă se întind pe 24 kilometri o serie de industrii foarte poluante: furnale, joagăre, fabrici de sticlă, uzine de var, de zinc, de acid sulfuric etc. Dup trei zile de ceață, lucrătorii prezentau tulburări respiratorii. În zilele următoare mortalitatea a crescut cu 10% în raport cu media normală, în acelaşi anotimp. Moartea a lovit, în special, persoanele vârstnice sau cele care sufereau deja de afecțiuni cronice, cardiace şi pulmonare.

În anul 1948, cu 18 ani mai târziu, un al doilea accident spectaculos s-a produs în nord-estul SUA, în micul oraş Donora, în apropiere de Pittsburgh. Condițiile atmosferice erau: anticiclon pe deasupra nord-estului SUA, ceață deasă însoțită de o inversiune de temperatură, absența aproape completă a mişcării aerului. Scenariul era aproape identic cu cel din 1930, numeroşi locuitori ai oraşului prezentând tulburări respiratorii, iar 27 au încetat din viață.

Londra are însă tristul privilegiu de a fi fost sediul unor repetate accidente dintre cele mai grave. În decembrie 1952, smogul a fost deosebit de dens şi, la mai puțin de 12 ore de la apariția lui, numeroşi locuitori prezentau simptome de afecțiuni ale aparatului respirator: scurgeri nazale, dureri de gât, jenă respiratorie, apăsare toracică, cianoză, tuse cu expectorații şi vărsături. Episoade aproximativ similare s-au mai semnalat în ianuarie 1956 când au murit peste 1000 de persoane, în decembrie 1957 când au murit peste 700 de persoane, în decembrie 1962 când au murit 430 de persoane. Accidente grave au mai avut loc la Yokohama în 1946, Poza Rica (Mexic) în 1950, Walsum lângă Düsseldorf în 1952, New Orleans în 1958 şi altele.

În toate aceste cazuri aparatele speciale au permis detectarea, în aerul poluat, a trei categorii de substanțe: produse de combustie sub formă gazoasa, constituite din compuşi ai carbonului (anhidridă carbonică, oxid de carbon sau hidrocarburi), compuşi ai sulfului care, în prezența vaporilor de apă, pot produce acid sulfuric etc.; pulberi de funingine provenind din cenuşă sau reziduuri nearse, constituind partea esențială a fumurilor vizibile; particule solide sau lichide rezultând din emanațiile directe ale uzinelor (fabrici de ciment, topitorii, produse chimice etc.) sau din gazele de eşapament a automobilelor. Se observă clar că smogul este un produs direct al dezvoltării industriei de prelucrare primară a metalelor şi urbanisticii, al progresului tehnic. De fapt, însăşi accidentele înregistrate, în acest sens, s-au produs în centre ale industriei primare puternice şi aglomerări urbane.

Câteva cuvinte despre ploile acide. La origine, ploaia este constituită din apă asemănătoare celei distilate, dar, întâlnind în procesul de precipitații substanțe chimice de diferite feluri, se transformă treptat-treptat, până când capătă compoziția unei substanțe acide.

Substanțele chimice care formează aciditatea provin din smogul ce se formează în zonele industriale cu emanații de anhidridă sulfuroasă şi sulfurică şi oxizi de azot. De exemplu ***o centrală termoelectrică de 600 MW, care funcționează cu țiței, descarcă în atmosferă 14,8 tone de SO_2 (anhidridă sulfuroasă) pe oră***. Smogul format atinge deseori zona vânturilor de înălțime, deplasându-se sute de kilometri, astfel încât unele țări

au constatat de câtva timp că sunt victima nu numai a propriilor ploi acide, ci şi a acelora provenite din alte țări.

Deoarece pe Pământ sunt vânturi predominante, unele țări "importă" constant poluare produsă de altele. Italia, de exemplu, primeşte din Franța o bună parte din poluare, iar Jugoslavia, la rândul ei, primeşte destul din Italia. În general predomină vânturile din nord către sud.

Efectul nociv al ploilor acide asupra vegetației şi asupra apelor interioare (lacuri, râuri) se multiplică acolo unde terenul este uşor acid. În schimb efectul este ceva atenuat când solul are o structură prevalent bazică, caracterizată prin elemente alcaline (mai ales sodiu) şi îndeosebi calciul.

Un colocviu ținut în Finlanda, în octombrie 1988, sub egida ONU, a ajuns la concluzia că, în Europa, ploile acide poluează peste 50% din râurile şi lacurile continentului, tabelul 7.7.

Ploile acide primejduiesc foarte mult monumentele, mai ales cele arhitecturale, care, în aceste ultime decenii, şi-au schimbat adesea tradiționalul aspect originar ce se modificase prea puțin de-a lungul mileniilor. Astfel, marmura dură, care este – aşa cum ştie orice absolvent de liceu – un carbonat de calciu, tinde să se transforme în gips fragil, adică sulfat de calciu.

Tabelul 7.6

Statistica lacurilor acide din unele țări selectate

Țara	Statistica lacurilor poluate
Canada	Peste 14000 de lacuri sunt puternic acide în fiecare provincie, iar în est 150000 (unul din şapte) suferind distrugeri din punct de vedere biologic.
Finlanda	O examinare a celor 1000 de lacuri indică faptul că cele cu o capacitate acid-neutralizantă scăzută sunt distribuite pe tot cuprinsul țării. Circa 8% din aceste lacuri nu au capacitate de neutralizare. Cele mai puternic acide lacuri au fost localizate în sudul Finlandei.
Norvegia	Peştele a fost eliminat din ape acoperind 13000 km^2 şi afectat în ape ce însumează o suprafață de peste 20000 km^2.
Suedia	14000 de lacuri incapabile de a întreține viața acvatică şi 2200 aproape moarte.
Anglia	Câteva lacuri acide în sud-vestul Scoției, în vestul Țării Galilor şi în regiunea Lake District.
SUA	Circa 1000 de lacuri acide şi alte 3000 alterate chimic – din cadrul Fondului pentru Apărarea Mediului, în 1984, un studiu al EPA a găsit 552 lacuri puternic acide şi 964 slab acide.

Într-adevăr, anhidrida sulfuroasă şi anhidrida sulfurică, pe care le conțin ploile acide, acționează asupra carbonatului de calciu, transformându-l în sulfat. De asemenea, coroziunea care deteriorează din ce în ce mai intensiv, în ultimul timp, acoperişul multor monumente şi clădiri se consideră că este cauzată de ploile acide.

Mulți se tem că ploile acide, pe lângă faptul că dăunează mult vegetației, unor specii de animale şi îndeosebi peştilor, prin creşterea aciditătii apelor, ca să nu mai amintim de patrimoniul artistic, sunt primejdioase şi pentru sănătatea oamenilor.

Preocuparea legată de ploile acide ia proporții. La 13 noiembrie 1979, s-a semnat, la Geneva, un tratat internațional pentru reducerea lor. În septembrie 1991, 3000 de specialişti s-au reunit la Paris pentru tema: ***Pădurea viitorului***. Ei au preconizat o convenție internațională asupra dreptului pădurii. La scară europeană s-au definit trei direcții principale de apărare a pădurii: **1** – încurajarea împăduririi terenurilor adecvate; **2** – susținerea regiunilor mediteraniene, care sunt afectate cel mai mult de despădurire; **3** – finanțarea programelor antipoluare.

Dar şi aici interese economice particulare puternice sau de altă natură, contradictorii, pot face ca totul să rămână literă moartă. De exemplu, CEE, la solicitarea Portugaliei, a alocat fonduri substanțiale utilizabile pentru plantarea a 500.000 eucalipți, arbori cu o dezvoltare rapidă, foarte rentabili în industria hârtiei. Pentru aceasta s-au despădurit regiuni mari de măslini bătrâni, stejari de plută, castani, iar păşunile au fost transformate în plantații, aşa încât un mare număr de țărani şi-au mijloacele de existență. Fundația pentru salvgardarea patrimoniului natural este foarte severă în privința eucaliptului. Acest arbore hidrophil leşiază complet solurile provocând eroziunea şi frunzele care cad omoară practic orice viață pe sol. Mijloacele financiare afectate plantării eucalipților, grație cărora industria celulozei s-a triplat între 1970 şi 1980, fuseseră obținute, de la Bruxelles, de Alvaro Baretto, atunci ministru agriculturii în țara sa – Portugalia. Între timp, acest aprig apărător al eucaliptului, fiind schimbat din funcția de ministru, a ajuns preşedinte la SOROCEL – Consorțiul portughez de celuloză, ceea ce a explicat atitudinea sa anterioară, mai ales că introducerea masivă a eucaliptului a avut urmări dezastruoase pentru ecosistemul regiunii.

7.9. Dezvoltarea economică şi degradarea mediului

Aşa cum s-a specificat anterior, degradarea mediului înconjurător este cauzată de progresul tehnic şi dezvoltarea urbană.

Desigur, nu vom reveni asupra motivațiilor prezentate anterior, ci le vom completa cu date concrete, în noul context, al abordării pe domenii, ale degradării solului, apelor şi atmosferei şi cu o privire de ansamblu asupra acestor cauze.

Şi dacă cei care dețin primatul în progresul tehnic şi dezvoltarea urbană preponderentă, poluează mai mult, să vedem unii indicatori tehnico-economici de dezvoltare şi de poluare a colectivităților umane care corespund acestor parametri economico-sociali şi care sunt țările grupului celor şapte (G7): SUA, Japonia, Anglia, Germania, Italia, Franța şi Canada. Vom considera comparativ, în plus, Rusia, care participă deseori la şedințele grupului G7 şi, evident, România.

După cum se poate observa în tabelul 7.7, țările grupului G7 dețin 68,83% din PNB mondial, 10,89% din populație (5.544.000.000 total mondial în 1993, din care 603.600.000 locuitori în țările G7) şi 59% din emisiile mondiale de CFC (236.000 tone din totalul de 400.000 tone).

CFC-urile sunt rezultate, mai ales, din stadiul de prelucrare industrială secundară şi terțiară, precum şi din asigurarea confortului uman (instalații frigorifice, instalații de aer condiționat etc.) ele exprimând, aproape corect, stadiul de dezvoltare economică a statelor lumii, față de oxizii de carbon şi de sulf care sunt caracteristici, mai ales, prelucrării primare, fapt care explică ponderea mai mare a emisiilor de CO_2/loc, în neconcordanță cu PNB/loc (coloana 9 din tabelul 7.7).

Tabelul 7.7 evidențiază existența marilor diferențe privind starea economică între țările dezvoltate şi România – țară în curs de dezvoltare. Dar, aceste diferențe, evident, sunt caracteristice, de multe ori chiar mai pronunțate, între țările dezvoltate şi celelalte țări ale lumii.

Corelat tabelul 7.7, cu tabelul 7.4, se obțin unele constatări revelatoare privind diferențele mari între cei bogați şi săraci, precum şi rolul categoriilor sociale în contaminarea condițiilor de viață pe Terra.

Tabelul 7.7

Unii indicatori tehnico-economici de dezvoltare
ai țărilor G7, Rusia şi România

Nr.crt.	Țara	PNB, $SUA/loc 1993	IDH (Indicatorul dezvoltării umane), 1994	Consumul de energie/loc. Kep (kW energie primară) 1993	CO_2 industrial, t/loc. 1992	Clorofluorocarbon (CFC) t x 1000, 1991	Număr de persoane pe un automobil, 1990	%PNB mondial, 1993	(PNB/loc)/(CO_2/loc)
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Japonia	31400	0,940	3825	8,79	64,0	3,77	16,6	3572
2	SUA	24700	0,942	7905	19,13	90.0	1,34	27,0	1291
3	Germania	23500	0,924	4097	10,96	23,0	1,96	8,10	2144
4	Franța	22400	0,946	3839	6,34	17,0	2,44	5,47	3533
5	Canada	19900	0,960	7795	14,99	8,0	2,18	2,43	1327
6	Italia	19800	0,921	2710	7,03	17,0	2,35	4,80	2816
7	Anglia	18000	0,931	3754	9,78	17,0	2,97	4,43	1840
8	Rusia	2340	0,792	4038	14,11	44,0[x]	19,7[x]	1,46	166
9	România	1140	0,748	1750	5,24	1,0	19,0	0,11	217
[x)]Datele se referă la fosta URSS, Rusiei revenindu-i cota corespunzătoare.									

Contribuția accentuată a țărilor dezvoltate economico-social la degradarea mediului înconjurător şi din cadrul acestora, rolul pronunțat a

celor bogați, rezultă din ceea ce scria David C. Korten, un mare specialist al problemelor globale mondiale că poluarea ***"este o funcție directă a consumului uman, iar oamenii bogați, fără îndoială, consumă cu mult mai mult decât cei săraci"***[11]. Mai concret: ***"...aproximativ 80% din daunele ecologice sunt cauzate de 1,1 miliarde de supraconsumatori ai lumii"***[12]. Deşi există aceste date alarmante, societatea umană este neputincioasă în a lua măsuri de reducere a efectelor distructive ale poluării, aceasta din cauza concentrării tot mai accentuate a puterii economice mondiale şi, în consecință, şi a celei politice.

Astfel David C, Korten arată că: ***"Gradul de concentrare a puterii economice în prezent este dezvăluit de statistici: dintre cele mai mari 100 de societăți mondiale, 50 sunt corporații, iar vânzările reunite ale primelor 10 corporații din lume din 1991 au depăşit produsul național brut reunit a celor mai mici 100 state ale lumii... Cele mai mari 500 corporații industriale care angajează numai 0,05 dintr-un procent al populației lumii, controlează 25% din producția economică mondială. Primele 300 de transnaționale, excluzând instituțiile financiare, au în proprietate aproximativ 25% din mijloacele de producție ale lumii"***[13].

Conştientizată, omenirea a căutat să impună factorilor de decizie politică luarea unor măsuri care să conducă la îmbunătățirea situației. Au fost organizate două conferințe mondiale în acest scop, în 1972 la Stockholm şi 1992 la Rio de Janeiro. Lumea s-a agitat dar rezultatul a fost neglijabil, poluarea mediului a continuat să crească.

Un rezultat totuşi s-a obținut: ***"Globalizarea economică a extins foarte mult şansele pentru bogați de a trece responsabilitățile lor ecologice în seama săracilor, exportând atât deşeuri, cât şi fabrici poluante. Aceasta a fost o practică deosebit de obişnuită la companiile japoneze, apropiata Asie de Sud-Est fiind un «recipient» important. Cifrele sunt izbitoare. Japonia şi-a redus capacitatea internă de topire a aluminiului de la 1,2 milioane la 140 de mii de tone şi acum importă 90% din necesarul său de aluminiu. Ce efect are acest lucru asupra oamenilor, ne sugerează un studiu de caz efectuat de Philipine Associated Smelting and Refining Corporation – PASAR (Compania Asociată Filipineză de Topire şi Rafinare). Aceasta gestionează o uzină de topire a cuprului, finanțată şi construită de japonezi în provincia filipineză Leyte pentru a produce cupru de mare puritate expediat în Japonia. Uzina ocupă 400 de acri de pământ expropiat de guvernul filipinez de la localnici la prețuri derizorii. Emisiile de gaze şi apă reziduală provenite de la uzină conțin concentrații mari de bor, arsenic, metale grele şi compuşi de sulf, care au contaminat resursele locale de apă, au redus pescuitul şi recoltele de orez, au deteriorat pădurile şi au***

---

[11] David C. Korten, *Corporațiile conduc lumea*, Ed. Antet, Bucureşti, 1997, p. 39
[12] David C. Korten, *idem*, p.318
[13] David C. Korten, *idem*, p.256

mărit frecvența maladiilor căilor respiratorii superioare printre localnici"[14].

Să mai menționăm şi faptul că: ***"...aproximativ trei sferturi din totalul consumului de energie în scop industrial sunt asociate cu extracția sau producția de materiale de bază, precum oțelul şi cimentul, în timp ce doar un sfert este utilizat pentru transformarea materialelor în produse finite, cum ar fi maşinile şi clădirile. Reversul este valabil în cazul forței de muncă, care este folosită într-o proporție de trei ori mai mare pentru conversia materialelor în produse finite comparativ cu necesarul impus de producția de materiale"***[15].

Să mai facem o completare citând din Ioan Petru Culianu, care, suntem convinşi că, nu mai are nevoie de prezentare: ***"Esența capitalismului modern constă într-un interes aproape exclusiv pentru mijlocul de schimb, pentru bani, ceea ce înseamnă că unica realitate care subzistă în adevărata ideologie a capitalismului este cea a comerțului. E vorba despre comerțul în sine, mai presus de figura însăşi a comerciantului, care îşi vede puterea sporindu-se în măsura în care reuşeşte să augumenteze cantitatea mijloacelor de schimb de care dispune. Prin aceasta, realitatea totalitară a comerțului se substituie oricărei alte realități: viață, om, pasiune, credință, speranță, moarte, pentru a înşira aici numai câteva dintre cele mai sugestive forțe motrice din trecut. Viața e un pur accident comercial, care serveşte sau nu, în măsura în care ea reuşeşte mai mult sau mai puțin să dezvolte comerțul... În această lume care nu respiră Comerț prin toți porii săi nu e loc de nimic altceva, decât cu riscul distrugerii psihice sau chiar fizice a persoanei. Orice plângere trebuie să fie reprimată, pentru că nu este demnă de un comerciant. Orice regret trebuie să tacă, pentru că nu e rentabil. Orice critică trebuie să fie rezonabilă şi să urmeze un scop previzibil, aşa încât banul s-o reducă la tăcere, iar critica, devenită o parte din comerțul însuşi, să-l poată servi într-o manieră constructivă. Caritate, pietate, bunătate, compasiune, toate acestea sunt excluse din lumea comercială, pentru că sunt în contradicție cu legile schimbului"***[16].

Plecând de la ideile conținute de citatele prezentate mai sus, care aparțin unor mari personalități ale vieții economice şi sociale contemporane, putem trage următoarele concluzii privind legătura dintre dezvoltarea economică şi degradarea mediului înconjurător.

1. Orice export de capital urmăreşte maximizarea rentabilității investițiilor efectuate. Şi cum restricțiile de mediu sunt mai severe în țările de origine a capitalului, acesta se exportă tocmai pentru a se reduce cheltuielile pentru protecția mediului.

---

[14] David C. Korten, *idem*, p. 40

[15] Orio Giarini, Walter R. Stahel, *Limitele certitudinii. (Volum din colecția de informații a Clubului de la Roma)*, Bucureşti, EDIMPRESS – CAMRO, 1996, p.118

[16] Ioan Petru Culianu, *Religie şi Putere*, Bucureşti, Editura Nemira, 1996, p. 216-218

2. Exportul de capital vizează sectoarele energofage, deci cele care au un impact mai puternic asupra mediului înconjurător.

3. Din decalajul mare dintre ponderea cifrei de afaceri în circulația mondială a capitalului şi gradul de folosire a forței de muncă, rezultă că exportanții de capital urmăresc exclusiv rentabilitatea capitalului investit, neglijând problemele sociale ale populației. Astfel, în SUA şi alte țări dezvoltate economico-social, există legi care nu permit depăşirea unui anumit grad de automatizare a procesului de producție, prin robotizarea managementului de proces, decât cu o autorizare federală specială. Ori, în țările vizate pentru investirea capitalului nu există asemenea legi restrictive.

4. Exportatorii de capital urmăresc, de obicei, realizarea numai a anumitor subansamble care necesită tehnologii energofage în realizarea lor, cotate la prețuri reduse, pentru ca țara unde se realizează acestea să beneficieze cât mai puțin de pe urma investițiilor, urmând ca ultimele operații tehnologice, de obicei de montaj, să se realizeze în țara de origine a societății mame şi deci acesteia revenindu-i veniturile cele mai mari.

CAP. 8. MANAGEMENTUL DEŞEURILOR

"Din moment ce produsul material al procesului economic sunt deşeurile, ele sunt rezultatul inevitabil al acestui proces şi, ceteris paribus, cresc în proporţie mai mare decât intensitatea activităţii economice".

Nicholas Georgescu-Roegen

8.1. Materialele şi societatea umană[1]

Societatea umană este un sistem biotermodinamic semideschis. Aceasta înseamnă că existenţa ei este determinată de un schimb selectiv de materie şi energie cu mediul înconjurător. Schimbul selectiv înseamnă că materia de schimb, utilizată de societatea umană din mediul înconjurător, trebuie să prezinte o anumită compoziţie şi o anumită structură. Compoziţia şi structura materiei de schimb poate exista în mod natural sau însăşi societatea umană, înainte de a o utiliza, o aduce la o compoziţie şi o structură de utilizare. Această a doua situaţie s-a extins din ce în ce mai mult odată cu dezvoltarea conştiinţei de sine a omului. Se poate spune că, acum, această situaţie de prelucrare prealabilă a materiei primare pentru a o aduce la o anumită compoziţie şi structură pentru utilizare este într-o pondere dominantă în consumul uman. Chiar şi produsele pe care le consuma sub formă naturală, la început, omul le-a supus unei prealabile prelucrări obţinând, de exemplu, din fructe diverse sucuri, din legume preparate artificiale de consum etc.

Din punct de vedere biotermodinamic, materialele sunt deci vitale pentru omenire şi constituie o cerinţă de bază pentru satisfacerea unor nevoi fundamentale ale societăţii. Toate nevoile şi dorinţele fizice ale omului – hrană, locuinţă, îmbrăcăminte, transport, informaţie – sunt legate de existenţa materialelor, atât metalice cât şi nemetalice, provenind din surse reînoibile sau nereînoibile. Pe lângă acestea, materialele trebuie să fie disponibile pentru a asigura necesarul acestora la o creştere continuă, numerică, a colectivităţii umane şi calitativă, a cerinţelor acesteia.

Disponibilitatea materialelor devine o problemă de bază când insuficienţa lor împiedică satisfacerea nevoilor fundamentale. De aceea, în evaluarea problemei materialelor, o abordare evidentă constă în a studia o

---

[1] Gheorghe COMAN, *Materialele – condiţie principală pentru realizarea progresului economcio-social*, În "Materiale – Energie - Mediu", Buletinul sesiunii ştiinţifice din octombrie 1998, organizat cu ocazia "Zilelor academice ieşene", Academia Română. Filiala Iaşi, 1998, p.3-10

funcție dată ce trebuie realizată şi apoi în analiza privind materialele specifice.

Materialele utilizate de societatea umană, pentru a-şi satisface necesitățile impuse de conservarea vieții şi anumite standarde impuse de creşterea calității vieții, pot fi organice sau anorganice, biotice sau abiotice. În cele ce urmează, ne referim la cele abiotice care, pentru a putea fi utilizate, sunt supuse unei prelucrări prealabile în scopul de a fi aduse la o anumită ***compoziție, structură, formă*** şi ***poziție spațială***. Utilizarea trebuie înțeleasă nu în sensul distrugerii materiei, întrucât ar contraveni legii conservării ei, ci în sensul structurării sau destructurării, adică al transformării acesteia în procesul de consum.

8.2. Tendințe actuale în consumul de materiale

Problema materialelor, considerată în ansamblul ei, pornind de la extragerea resurselor naturale până la conversia lor în produse finite şi în cele din urmă la depozitarea deşeurilor, este complexă. Ea se intersectează cu numeroase aspecte critice, intercalate, cum ar fi limitele resurselor, disponibilitatea energiei şi impactul asupra mediului înconjurător, atât la producerea, cât şi la utilizarea lor.

Pe baza consumului mediu a materialelor în țările dezvoltate economico-social, societatea contemporană este considerată *"societate de consum"*. Progresul tehnologic, creşterea veniturilor şi, în consecință, producerea bunurilor materiale la prețuri reduse au făcut să crească consumul la niveluri nebănuite în secolul trecut. În aceste colectivități umane, din țările dezvoltate economico-social, îndeosebi G7, creşterea extraordinară a consumului constituie, de multe ori, un scop în sine, nu numai o necesitate a satisfacerii cerințelor de creştere a calității vieții. Această tendință generală este evidentă în orice analiză statistică a indicatorilor economici raportați pe cap de locuitor.

Statisticile arată că în cea de a doua parte a secolului al XX-lea, în întreaga lume, consumul de cupru, energie, carne, oțel şi lemn s-a dublat; consumul de ciment şi numărul de automobile personale au crescut de patru ori; consumul de materiale plastice a crescut de cinci ori; consumul de aluminiu a crescut de şapte ori; numărul călătorilor cu avionul a crescut de 32 de ori etc. În SUA, țara cu cel mai ridicat nivel al consumului, un locuitor mediu are de două ori mai multe maşini, şofează de două ori şi jumătate mai mult, utilizează de 21 de ori mai multe materiale plastice şi călătoreşte de 25 de ori mai mult cu avionul decât în 1950. Folosirea aerului condiționat s-a răspândit de la 15% din totalul locuințelor, în 1960, la peste 70% după anul 1990, iar televizoarele color – de la 1% la 93%, în aceeaşi perioadă de timp. Cuptoarele cu microunde şi aparatele video au pătruns în circa trei sferturi din locuințele americane.

Japonia şi Europa Occidentală au manifestat tendințe similare privind creşterea consumului de materiale pe cap de locuitor. Astfel, în medie

statistică, un japonez consumă astăzi de patru ori mai mult aluminiu, de aproape cinci ori mai multă energie şi de 25 de ori mai mult oţel decât în 1950. De asemenea, japonezii posedă de patru ori mai multe automobile şi consumă de patru ori mai multă carne. În Europa de Vest consumul este, de asemenea, mult mai mare ca la mijlocul secolului. Franţa, Germania şi Anglia şi-au dublat consumurile pe cap de locuitor la oţel şi la ciment, iar la aluminiu mai mult decât dublu şi la hârtie de peste trei ori.

Consumul material a crescut şi într-o serie de ţări din aşa zisa lume a treia. Astfel, în China, numai în cinci ani, între anii 1982 şi 1987, prezenţa televizoarelor color în casele chineze a crescut de la 1% la 35%, a maşinilor de spălat de la 16% la 67%, iar cea a frigiderelor de la 1% la 20%.

Moda de consum, care s-a accentuat în a doua parte a secolului al XX-lea, din America până în Europa de Vest şi Japonia, cuprinzând şi o minoritate bogată a ţărilor în curs de dezvoltare, a adus cu sine un apetit fără precedent pentru bunurile materiale şi pentru constituenţii acestora. ***Populaţia ţărilor industrializate reprezintă doar 20% din total, dar consumă 86% din producţia mondială de aluminiu, 81% din cea de hârtie, 80% din cea de fontă şi oţel şi 76% din cea de cherestea***. Se apreciază că între 1900 şi 1991, consumul mondial de materie primă a crescut de 14 ori, interval în care populaţia lumii a crescut numai de trei ori. Creşterea cea mai accentuată a consumului s-a înregistrat între 1950 şi 1960. Între 1945 şi 1973, consumul de hârtie şi minerale industriale a crescut în SUA de trei ori, consumul de metale de două ori, iar consumul de mase plastice a crescut de 35 de ori. Între 1970 şi 1991, consumul global de materii prime a crescut cu 38%, dintre care, de materiale agricole cu 40%, de produse lemnoase cu 44%, metale cu 26%, materiale nemetalice cu 39%, chimicale anorganice nereciclabile cu 69%.

Impactul ambiental provocat de extragerea şi prelucrarea materiilor prime de către un imens complex de mine, rafinării de petrol, combinate chimice şi exploatări forestiere este deosebit de distructiv. Astfel, ***numai patru industrii din prelucrarea primară pentru hârtie, mase plastice, chimicale şi metalurgică – determină 71% din emisiile toxice de pe întreg teritoriul SUA***, ţară în care sectoarele industriale sunt echilibrate în raport cu celelalte ţări G7. De asemenea, trebuie avut în vedere faptul că industriile prelucrătoare de materii prime sunt printre cele mai energofage de pe glob. Numai mineritul consumă între 5-10% anual din energia mondială. Cinci din ramurile de bază ale SUA – hârtie, oţel, aluminiu, plastic şi ambalaje de sticlă – consumă 31% din producţia anuală de energie. De aici, observaţia practică că ţările dezvoltate, în general, renunţă la sectoarele industriale energofage şi poluante excesiv şi le stimulează pentru implantare în ţările slab dezvoltate economico-industrial.

Dar, evident, creşterea consumului, deci a acumulărilor în amonte, au aglomerat şi acumulările în aval, Deşeurile industriale creează probleme foarte serioase. În 1985, ramurile producătoare ale industriei japoneze au "produs" 132 milioane de tone de deşeuri, de 2,6 ori mai mult decât marile oraşe ale ţării. Industria SUA produce anual aproximativ 180 milioane tone

de deşeuri periculoase şi alte 11 miliarde tone deşeuri industriale inofensive nociv.

Deşeurile şi reziduurile industriale sunt, evident, produsele proceselor de prelucrare industrială, precum şi a degradării bunurilor în procesul de consum. Aceste deşeuri, se divid în deşeuri asimilabile şi deşeuri neasimilabile.

Din categoria deşeurilor asimilabile fac parte materialele care nu prezintă caracteristici îngrijorător poluante, putând fi tratate asemenea deşeurilor solide urbane şi, adesea, eliminate prin serviciile de salubritate urbane. Deşeurile neasimilabile conţin produse deosebit de toxice, chiar dacă sunt în cantităţi reduse: deşeurile cu un conţinut ridicat de substanţe organice (în genere provenind din industria alimentară); deşeuri cu o înaltă putere calorică şi de aceea exploatabile pentru o recuperare energetică; cioburi, deşeuri metalice şi diverse vechituri. La nivelul anului 1990, ţările membre ale CEE[2], din acea vreme, produceau anual 2,2 miliarde tone deşeuri, dintre care, 30 milioane de tone deşeuri toxice.

Se consideră că la nivelul anului 1992 s-au produs în ţările membre al CEE peste 100 000 de produse chimice, dar, la acestea, se adaugă anual între 1000 şi 2000 de produse chimice noi.

Deşeurile toxice prezintă cel mai mare pericol pentru mediu. Instalaţiile din CEE nu pot trata 2 milioane tone anual. În Italia pot fi tratate 10÷15% din deşeurile toxice, în Anglia 20%, în Spania 25%, în Germania 50%. Unde sunt restul ? Deversate în mare sau în natură ? Depozitate clandestin sau transportate dintr-un loc în altul ?

Franţa, de exemplu, produce circa 570 milioane tone deşeuri şi reziduuri pe an. La 150 milioane tone se ridică deşeurile industriale, dintre care 100 milioane tone sunt inerte, 32 milioane tone sunt asimilabile deşeurilor urbane, 18 milioane tone sunt speciale dintre care 2 milioane tone sunt nocive. În plus, Franţa mai produce 400 milioane tone de reziduuri agricole, dintre care 230 milioane tone sunt rezultate din creşterea animalelor, 100 milioane tone sunt rezultate din culturile agricole, 45 milioane tone din industriile agro-alimentare şi 15 milioane metri cubi de nămol din industriile de epurare. Umiditatea medie a deşeurilor şi reziduurilor agricole variază între 35% şi 60%, iar puterea calorică între 900 şi 2400 kcal/an.

Italia are un volum analog de deşeuri cu cel francez, dintre care circa 40% din deşeurile solide industriale sunt recuperate. Se estimează că procentul maxim de recuperare poate ajunge la 70%. Dar, partea nerecuperabilă constituie o problemă presantă şi greu de soluţionat, mai ales dacă se iau în considerare inadecvatele studii cu privire la gradul de poluare a mediului înconjurător.

În Italia, principalele sisteme de tratare a reziduurilor solide industriale sunt, în primul rând, depozitările controlate care reprezintă circa 50%. Alte sisteme de recuperare, în Italia, sunt reciclarea care, aşa cum s-a

---

[2] Luigi Preti, *Planeta Terra în pericol*, Editura Tehnică, Bucureşti, 1991

specificat mai sus, se face în proporție de 40% şi arderea în proporție de până la 5%.

Sunt prevăzute trei feluri de depozitări, în funcție de periculozitatea reziduurilor, dar, în toate cazurile, trebuie asigurată o impermiabilizare corespunzătoare. În caz contrar, pagubele nu sunt deloc neglijabile. Merită amintit în acest sens percolatul. Este vorba de un lichid cu un ridicat procent de poluare, format din trecerea apei de ploaie prin reziduurile în descompunere, ca şi de lichidele rezultate din transformarea substanțelor organice. Dacă în locurile de depozitare a reziduurilor straturile freatice sunt mai apropiate de suprafață, iar terenul este permeabil, percolatul poate polua chiar foarte grav aceste straturi, dăunând enorm apei de băut şi culturilor agricole.

În timp ce deşeurile agricole şi urbane nu sunt în mod normal periculoase, foarte grav este în schimb pericolul prezentat de o parte a reziduurilor industriale care, de multe ori, nu sunt biodigerabile. În cazul reziduurilor industriale solide nocive, depozitarea trebuie să fie de tipul "supracontrolat", deci mai sofisticată şi în stare de a satisface criterii foarte restrictive, fie în privința realizării, fie a administrării. Pentru unele reziduuri industriale nocive este indispensabil ca, înainte de a le depozita în locuri controlate, să fie supuse anumitor tratamente chimice, pentru ca substanțele cele mai poluante să poată fi mineralizate, devenind astfel inofensive.

În sfera depozitării este inclus şi aşa numitul dumping folosit în diferite țări. El constă în descărcarea în largul mării a materialelor inerte şi insolubile în apă.

Depozitarea în mine părăsite sau în puțuri adânci este efectuată în SUA şi în Germania (în foste mine de sare mai alea), fie în cazul unor nămoluri industriale, fie a unor materiale deosebit de nocive.

Arderea în cuptoare cu tambur rotativ apare acum ca un sistem de neînlocuit pentru tratarea reziduurilor toxice cu caracteristici de bună combustie, cum sunt compuşii organici, materialele lemnoase puternic poluate, deci nereciclabile.

Recuperarea deşeurilor industriale este foarte răspândită, în limitele posibilului, fiind utilă din punct de vedere economic şi uşurând depozitarea.

Materialele plastice, a căror producție şi ale căror noi domenii de aplicare iau proporții tot mai mari, pot fi convenabil recuperate şi prin colectarea diferențiată în vederea folosirii ulterioare.

O tendință de eliminare a deşeurilor, conturată şi dezvoltată îndeosebi în ultimele decenii, ca o afacere de proporții, este mobilitatea transfrontieră a deşeurilor industriale, îndeosebi a celor toxice. Există o tentație profitabilă de a "scăpa" de deşeurile periculoase, exportându-le.

Dar, în scopul reglementării condițiilor de import-export al deşeurilor toxice şi ca expresie a cooperării internaționale pentru protecția mediului contra poluării cu deşeuri, în martie 1989, a fost încheiat Acordul de la Basel. Acest acord are la bază trei principii fundamentale:

- ***principiul non-discriminării***, prin care țările semnatare se angajează să nu aplice mai puține măsuri şi reglementări în ce

privește mișcarea transfrontieră a deșeurilor toxice, în relațiile cu țările semnatare ale acordului;

- ***principiul consimțământului***, prin care țările semnatare nu vor permite deplasarea deșeurilor periculoase către țările nesemnatare, fără consimțământul autorităților din țara importatoare și al tuturor țărilor de tranzit;
- ***principiul adecvării posibilităților de eliminare***, prin care țările semnatare nu vor permite deplasarea deșeurilor toxice decât dacă acestea nu sunt direcționate către o țară cu posibilități adecvate de eliminare a acestor deșeuri și cu garanția utilizării efective a acestor posibilități.

Prin Acordul de la Basel se recunoaște implicit dreptul suveran al oricărei țări de a interzice intrarea deșeurilor toxice sau a oricăror deșeuri de proveniență străină pe teritoriul lor. În virtutea acestui acord, în 1992, au fost returnate deșeurile toxice din România, înapoi în Germania.

Deșeurile sau reziduurile agricole sunt constituite din reziduuri vegetale și animale. Reziduurile animale sunt constituite, la rândul lor, din gunoi și dejecții.

Deșeurile solide agricole sunt produse de fermele agricole și crescătoriile de animale în sistem intensiv. Tehnicile noi au realizat o importantă creștere a numărului de animale în fiecare fermă. Pentru îndepărtarea dejecțiilor, în fermele cu mii de capete, se recurge la sistemele de curățire cu jet de apă, dar, adesea, sunt lipsite de suprafețe adecvate de teren pentru împrăștierea scursorilor. Când aceste scursori nu pot fi împrăștiate pe sol, pentru a nu vătăma culturile și nici nu pot fi ejectate în cursuri de apă, se pune problema tratării lor. Dar această situație ar putea fi rezolvată prin implantarea de degestori pentru producerea biogazului, obținându-se astfel o importantă reducere a dejecțiilor care ar putea fi mai ușor utilizate. Între altele, rezultatele obținute în folosirea biogazului drept combustibil pentru vehicule nu a fost prea satisfăcătoare, deoarece prezența nitraților creează însemnate probleme de uzură instalațiilor energetice (motoarelor).

Reziduurilor din zootehnie li se adaugă acelea ale culturilor agrare. O parte din reziduurile neutilizate este restituită solului prin practicarea fertilității naturale – prin îngropare, elementele vegetale care conțin azot devin fertilizante. De multe ori, reziduurile sunt însă arse, ceea ce constituie o risipire inutilă, în termeni energetici, a biomasei distruse. Se recurge, de asemenea, la compostare, metodă folosită și în cazul reziduurilor industriale, mai ales a acelora din fabricile de hârtie și alimentare. Compostarea este un proces biologic de tratare a reziduurilor care constă în descompunerea aerobă (sau cu oxigen) a substanțelor organice prezente în reziduurile solide sau în nămoluri, rezultatul fiind o substanță asemănătoare humusului, așa numitul ***"compost"***. El poate fi folosit în agricultură, pentru a modifica structura fizică a solului, căci conține săruri minerale utile anumitor culturi.

În ce privește România, volumul și structura deșeurilor se prezintă în tabelul 8.1.

Raportată pe locuitor, cantitatea totală anuală a deşeurilor era, în România, în 1991, de circa 12 tone, comparativ cu circa 10 tone/locuitor cât reprezenta media pe ansamblul țărilor OECD. Dar, aşa cum se observă din tabelul 8.1, din primele cinci rânduri, 82,19% din deşeuri, sunt deşeuri de extracție şi procesare primară a materiilor prime, ceea ce conduce la concluzia că România este o țară în curs de dezvoltare.

Tabelul 8.1

Volumul şi structura deşeurilor din România, în anul 1991

Categorii de deşeuri	Cantitate (mii tone)	Ponderea în total, %
TOTAL ROMÂNIA, din care:	83145,96	100,00
- deşeuri de extracție din mine şi cariere	35650,17	42,87
- cenuşă, zguri	13267,77	15,95
- deşeuri industriale	2452,55	2,94
- noroaie din prelucrarea apelor	4705,84	5,65
- deşeuri din agricultură şi silvicultură	6035,30	7,28
- deşeuri textile	21,96	0,02
- deşeuri fibre sintetice	16,96	0,02
- deşeuri fibre naturale	34,52	0,04
- deşeuri lemn, hârtie, cartoane	840,70	1,01
- deşeuri petroliere	1591,10	1,91
- deşeuri provenite din transformări chimice	1645,15	1,97
- deşeuri cauciuc, mase plastice	38,70	0,04
- deşeuri de sticlă	170,07	0,20
- deşeuri metalice	1507,86	1,81
- deşeuri din construcții-demolări	516,51	0,62
- deşeuri radioactive	1,13	0,001
- deşeuri alimentare	318,61	0,38
- deşeuri menajere	5629,89	6,77
Nu sunt cuprinse cantitățile de steril din halde care se ridică la 214,35 milioane tone		

8.3. Ciclul de viață al materialelor

Resursele primare, naturale, de materiale, se clasifică în două mari categorii: reînoibile şi nereînoibile.

Materiile prime reînoibile, pentru activitățile industriale, pot fi de origine vegetală, cum sunt, de exemplu, produsele forestiere (lemnul, celuloza, cauciucul) şi agricole (bumbacul, iuta) sau de origine animală (pielea, lâna, mătasea). Prin definiție ***materiile prime reînoibile*** nu ridică probleme de epuizare a resurselor, ci numai de exploatare rațională a acestora astfel ca intensitatea de regenerare a lor să fie cel puțin egală cu

gradul de exploatare, adică, rata consumului să nu depăşească rata biologică de înlocuire.

Resursele nereînoibile sunt acele resurse a căror rată de reînoire este foarte mult inferioară ratei de exploatare a lor. Acestea cuprind combustibilii fosili şi minereurile, care pot fi utilizate pentru obținerea metalelor sau materialelor nemetalice, precum ceramica, sticla şi cimentul. Minereurile sunt, în general, amestecuri de minerale care trebuie separate, tratate şi prelucrate pentru a se obține produse metalice sau nemetalice. În mod asemănător, combustibilii fosili trebuie prelucrați pentru a se obține produse chimice şi polimeri şi, cu câteva excepții, combustibili utilizabili.

În scoarța terestră se află toate elementele chimice cunoscute până în prezent, într-o proporție variabilă. Din acestea, 14 elemente participă în proporție de 99,50% la compoziția medie a scoarței. În ordine descrescătoare, aceste elemente sunt: oxigenul – 47,20÷49,52%; siliciul – 25,75÷27,60%; aluminiul – 7,45÷8,80%; fierul – 4,70÷5,10%; calciul – 3,25÷3,60%; natriul – 2,40÷6,24%; potasiul – 2,35÷2,60%; magneziul – 1,94÷2,35%; titanul – 0,53÷0,61%; hidrogenul – 0,15÷1,00%; fosforul – 0,08÷0,12%; clorul – 0,04÷0,20%; carbonul – 0,08÷0,10%; sulful – 0,04÷0,10% etc. Rezultă că circa jumătate din scoarța terestră este alcătuită din oxigen şi ceva peste un sfert din siliciu. Celelalte elemente, începând cu aluminiul şi terminând cu sulful, contribuie cu 24,5%; restul elementelor cunoscute, toate la un loc, au o participare de o jumătate de procent în compoziția scoarței terestre. Elementele care participă cu un procent mai ridicat se încadrează în grupa macroelemente sau elemente majore, elementele cu participare de miimi de procent alcătuiesc grupa oligoelemente (bariu, fluor, azot, stronțiu, crom, vanadiu, nichel, zinc, bor, cupru, staniu, litiu, wolfram, cobalt, beriliu, plumb, molibden, cesiu, brom), iar cele ce participă la compoziția scoarței terestre în proporție de milionimi de procent formează grupa microelementelor (mercur, iod, galiu, seleniu, stibiu, niobiu, tantal, platină, bismut, argint, indiu, telur, heliu, aur, radiu, uraniu). Însă, distribuția acestor elemente în scoarța terestră nu este uniformă, ele formează anumiți noduli (depozite) cu o concentrație mai mare sau mai mică şi dimensiuni mai mari sau mai mici. În practica industrială se utilizează numai minereuri care conțin o concentrație suficientă în elementele dorite pentru a permite extragerea lor la prețuri acceptabile din punct de vedere economic.

După efectuarea prelucrărilor necesare, care urmăresc transformarea succesivă de compoziție, structură, formă şi poziție spațială, rezultă obiectele utile satisfacerii unor cerințe economico-sociale dorite. În continuare, după exploatarea funcțională a obiectelor, acestea îşi pierd caracteristicile funcționale transformându-se în deşeuri. Desigur, transformarea obiectelor în deşeuri nu elimină proprietățile inițiale ale materialelor ci numai a acelora care s-au imprimat în timpul prelucrărilor succesive. De aceea, deşeurile sunt refolosibile ca material, însă, evident, cu un anumit coeficient de pierderi sau de randament. Se formează în acest fel ceea ce se numeşte *ciclul de viață al materialelor*.

Conceptul de ciclu de viață al materialelor trebuie înțeles în sensul menținerii, în timp, a compoziției, structurii, formei şi poziției spațiale a lor. Dar, după cum se poate constata, în ciclul de viață a materialelor, intră şi ciclul de viață al produsului; de fapt, nu pot fi decât interdependente, ciclul de viață al produsului cu ciclul de viață al materialelor.

Ciclul de viață al produsului, de la materii prime la materiale reciclate, cuprinde cinci faze mari distincte: **(1)** – *design* şi *concepție*; **(2)** – *producție*, implicând o transformare a resurselor naturale; **(3)** – *distribuție* (transport şi ambalare, marketing şi publicitate); **(4)** – *viața utilă* de-a lungul unei perioade variabile de timp (*perioada de utilizare*); **(5)** – *reciclarea* sau *eliminarea deşeurilor* (*debarasarea de bunurile inutile*).

Ciclul de viață al produsului este influențat direct de materiale, prin proprietățile tehnico-funcționale şi tehnologice ale acestora de a putea fi prelucrate economic în faza de producție şi de a-i asigura o fiabilitate ridicată în faza de viață utilă. Faza de viață utilă sau perioada de utilizare, în fond, constituie principala variabilă în crearea avuției.

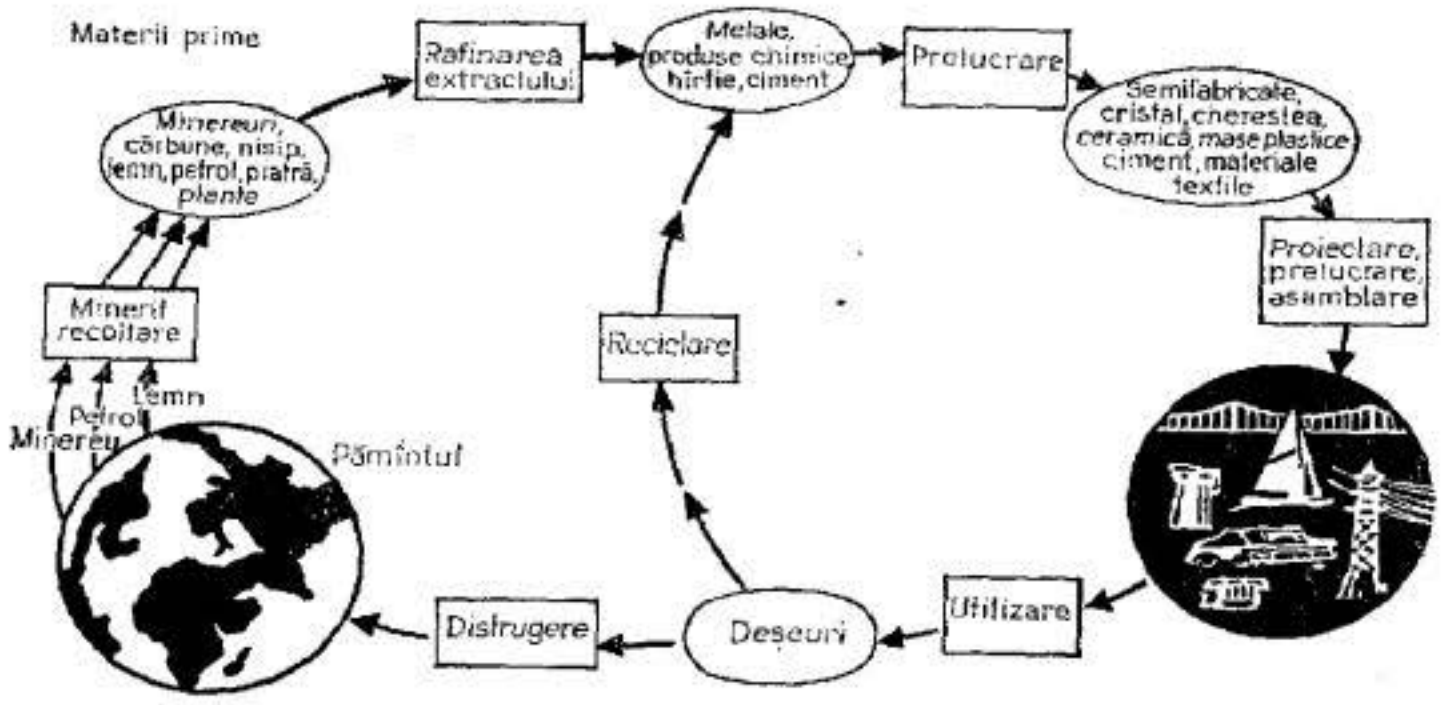


Fig.8.1. Ciclul de viață al materialelor

În figura 8.1 se prezintă sugestiv ciclul de viață al materialelor, care, aşa cum s-a specificat anterior, este în interdependență cu ciclul de viață al produsului. Ciclul de viață al materialelor începe cu prospectarea geologică a acestora şi se încheie cu reciclarea deşeurilor. Fazele dintre *prospectarea geologică* şi *obținerea materialelor utilizabile* (marcate de ovalul care specifică: metale, produse chimice, hârtie, ciment etc.) sunt cele încadrate, economic, în faza de extracție şi prelucrare primară a materialelor. Celelalte faze, dintre dreptunghiurile *prelucrare* şi *utilizare*, cuprind ceea ce se numeşte, în limbaj tehnico-economic, *prelucrare secundară*.

Luându-se în considerare cele două etape, de *prelucrare primară* şi *prelucrare secundară*, s-a constatat că *"aproximativ trei sferturi din totalul consumului de energie în scop industrial sunt asociate cu extracția sau*

producția de materiale de bază, precum oțelul, cimentul, în timp ce doar un sfert este utilizat pentru transformarea materialelor în produse finite, cum ar fi maşinile sau clădirile. Reversul este valabil în cazul forței de muncă, care este folosită într-o proporție de trei ori mai mare pentru conversia materialelor în produse finite comparativ cu necesarul impus de producția de materiale"[3].

Reprezentarea grafică din figura 8.1 este sugestivă, deci, în ceea ce priveşte necesitatea reciclării materialelor, pentru a elimina ramura din stânga a procesului de obținere a materialelor din minereuri, cu eliminarea, evident, a consumului de energie şi impactul corespunzător asupra mediului.

8.4. Materiale şi energie

Ciclul materialelor este un sistem global, cu puternice interacțiuni triple, între resurse, mediul înconjurător şi necesarul de energie. Costurile energiei sunt implicate în fiecare etapă. Parcurgând ciclul materialelor, întâlnim cantitatea de energie necesară pentru extragerea minereurilor şi a metalelor din minereuri; pentru a prelucra şi modela metalele, ceramica şi masele plastice; pentru a asambla componentele, sistemele şi subsistemele tehnice din produs; pentru a transporta produsele în toate fazele producției şi pentru a acționa produsul final pus la dispoziția consumatorului.

Întâlnim apoi energia disipată pe măsură ce metalele se corodează sau se uzează, masele plastice se degradează, produsul este "aruncat" şi deşeurile din deversorul "sanitar" se întorc la starea "naturală" de entropie înaltă.

Tabelul 8.2 prezintă necesarul de energie pentru producerea anumitor materiale de bază. Incidența costului energiei asupra prețurilor este de 5÷10% pentru majoritatea metalelor neferoase (cupru, nichel, zinc, plumb), atinge 15% pentru oțel şi 35% pentru aluminiu, materialul care reclamă cel mai mare consum de energie.

În tabelul 8.3 se prezintă structura tipică a consumului de energie pentru obținerea cuprului, defalcând consumul de energie pe principalele etape ale procesului de obținere al acestuia. Din tabelul 8.3 rezultă că, dintre toate operațiile, concentrarea şi topirea sunt cele care consumă cea mai mare parte de energie. Circa 60% din totalul de energie este consumată înaintea operației de topire. Aceste cerințe de energie sunt invers proporționale cu concentrația minereului. De aceea, minereurile sărace în cupru, sub 5%, sunt considerate neeconomice pentru exploatare.

Producția de bunuri necesită mai multă energie când sunt utilizate resurse naturale şi nu materiale reciclate. Economia de energie este mult mai mare în cazul recuperării metalelor uşoare decât în cazul recuperării cuprului şi fierului, aşa cum rezultă din tabelul 8.4. Deşeurile de magneziu şi aluminiu, de

---

[3] Orio Giarini, Walter R. Stahel, *Limitele certitudinii*, EDIMPRESS-CAMRO, Bucureşti, 1996, p.118

exemplu, pot fi reciclate economisind de 50 şi, respectiv, de 25 de ori energia cerută pentru obținerea metalului din minereu.

Aşadar, ***reciclarea materialelor trebuie să fie considerată o operație de o importanță fundamentală nu numai pentru conservarea materialelor, ci şi pentru conservarea energiei.***

Remodelarea activităților industriale, luând în considerare industriile bazate pe recondiționare şi reciclare a materialelor va avea un efect economico-social important. Se estimează că fiecare milion de tone de deşeuri solide creează 1600 locuri de muncă în cazul recondiționării şi reciclării; dacă aceeaşi cantitate ar fi fost îngropată ar fi fost necesari numai 600 de muncitori, iar în cazul incinerării ar fi fost necesară numai 80.

Tabelul 8.2

Necesarul de energie pentru obținerea unor materiale de bază

Produsul	Densitatea, (g/cm^3)	Echivalentul în petrol exprimat în tone petrol echivalent/tona de produs[x]			Necesarul de energie	
		Echivalent petrol ca materie primă	Echivalent petrol al conversiei	Total	Greutate (kcal/g)	Volum ($kcal/cm^3$)
Aluminiu	2,70	-	5,60	5,60	58,5	158
Bare de oțel	7,80	-	1,00	1,00	10,5	82
Placă de cositor	7,80	-	1,25	1,25	13,1	102
Bare de cupru	8,90	-	1,20	1,20	12,5	112
Sticle din sticlă	2,40	-	0,45	0,45	4,7	11
Hârtie şi carton	0,80	-	1,40	1,40	14,6	12
Folie de celuloză	1,45	-	4,40	4,40	46,6	67
Polistiren	1,07	1,30	1,88	3,18	33,2	36
Clorură de polivinil	1,38	0,55	1,40	1,95	20,4	28
Polietilenă cu densitate redusă	0,92	1,11	1,13	2,24	23,4	22
Polietilenă cu densitate mare	0,96	1,13	1,20	2,33	24,4	23
Polipropilenă homopolimeră	0,90	1,17	1,38	2,55	26,7	24

[x] Factor de conversie: 10,450 kcal/kg de petrol

Trebuie reținut că industria materialelor recondiționate înseamnă mult mai mult decât simpla reciclare. Recondiționarea presupune personal pentru colectarea, recoltarea, sortarea, curățirea, prelucrarea şi reprelucrarea materialelor şi produselor care, în trecut, pur şi simplu se aruncau la deşeuri. În spatele acestor activități, specialiştii vor crea noi standarde de proiectare, vor implimenta noi tehnologii de fabricare şi vor dezvolta noi piețe de desfacere.

Tabelul 8.3

Structura necesarului de energie în producția de cupru

Faza de producție	Consum de energie	
	(kcal/g)	(%)
Extracție	2,4	11,9
Concentrare	6,0	29,7
Tratarea haldelor prin leşiere	3,8	18,8
Topire	6,0	29,7
Purificare	2,0	9,9
Total	20,2[x]	100,0
[x)]Datele se referă la o instalație tipică de mari dimensiuni, integrată, pentru producerea cuprului în SUA.		

Tabelul 8.4

Economia de energie realizabilă la recuperarea unor metale de bază

Metalul	Necesarul de energie pentru materiale din sursă primară (kWh/t)	Necesarul de energie pentru materiale reciclate (kWh/t)	Economia la fiecare tonă de material reciclat (kWh)	Petrol economisit la fiecare tonă de material reciclat (barili)
Aluminiu	51379[1]	2000	49379	29,1
Cupru	13532[2]	1727	11805	7,0
Fier	4270	1666	2604	1,5
Magneziu	90821	1875	88946	52,2
Titan	126115	52416	73699	43,3
[1) şi 2)]Echivalent cu 44,2 kcal/g pentru aluminiu şi respectiv, 11,66 kcal/g pentru cupru.				

Material cu drept de autor

8.5. Deşeuri menajere

Prin cantitate specifică şi structură calitativă, deşeurile menajere pot constitui un indicator important în aprecierea gradului de dezvoltare economico-socială şi civică a unei colectivităţi umane. Desigur, acest indicator evidenţiază şi gradul de risipă manifestat de colectivităţile umane. Astfel, de multe ori, chiar consumul general este dictat de modă sau de dorinţa de afirmare a "bogăţiei" individuale, însă, pe o perioadă anuală de timp şi o medie de consum la o mare colectivitate umană el prezintă multe aspecte statistice de acumulare şi consum general care nu pot fi neglijate. De fapt însăşi creşterea rapidă a ritmului de utilizare a materialelor în ţările dezvoltate economico-social, după cel de al doilea război mondial, a fost însoţită, în mod corespunzător, şi de o creştere rapidă a producerii de deşeuri menajere. Cantităţile specifice de deşeuri menajere variază foarte mult, între diferitele ţări ale lumii. Dar, cel mai mare decalaj existent în generarea deşeurilor menajere, la fel ca şi în cazul utilizării materialelor, în general, se manifestă între ţările puternic dezvoltate şi cele în curs de dezvoltare. În ţările în curs de dezvoltare, deşeurile menajere constituie un fel de lux şi ele sunt prezente numai în cadrul minorităţii de oameni bogaţi. Reutilizarea şi reciclarea constituie o modalitate de a trăi şi mulţi supravieţuiesc prin scormonirea acestor deşeuri menajere produse de cei bogaţi, pentru a găsi diverse lucruri pe care le mai pot folosi.

În tabelul 8.5 se prezintă cantitatea totală, specifică şi structura deşeurilor menajere evidenţiate în ţările G7, în anul 1994.

Creşterea cantităţii de deşeuri menajere a creat şi problema depozitării lor. Aceasta din cauză că în ultimele două-trei decenii, aproape toate ţările dezvoltate industrial au ajuns la concluzia că, datorită cantităţilor enorme şi a caracteristicilor gunoaielor produse, aruncarea lor pe terenuri virane sau deteriorate devine nesatisfăcătoare ca metodă de depozitare. Toate aceste terenuri au scurgeri ce favorizează pătrunderea în pânza freatică a substanţelor toxice antrenate de apa ploilor şi formarea unui amestec denumit ***leachate***. Acesta poate conţine o mare varietate de poluanţi periculoşi, cum sunt metalele grele şi substanţele chimice organice. De asemenea, descompunerea chimică a gunoaielor în absenţa oxigenului conduce la producerea de gaz metan, care constituie o componentă importantă a factorilor de încălzire globală a atmosferei şi, în acelaşi timp, prezintă un real pericol de incendiu.

Comparând coloanele 1 şi 8 din tabelul 8.5, se constată că o cantitate variabilă, de la o ţară la alta, de deşeuri menajere este supusă procesului de incinerare. Dar, persistă, încă, o serie de concepţii greşite cu privire la incinerarea deşeurilor menajere. Astfel, unii o consideră o alternativă la depozitarea în gropile de gunoi şi ca o formă de reciclare. Strict vorbind, nu este nici una, nici alta. Ea poate reduce cantitatea finală a materialelor care trebuie depozitate şi oferă posibilitatea recuperării unei anumite cantităţi de energie, dar incinerarea nu elimină nevoia de depozitare finală a deşeurilor şi nici nu conduce la recuperarea materialelor.

Instalațiile de incinerare sunt capabile, din punct de vedere tehnic, să reducă fluxurile de deşeuri menajere cu 60-75% în greutate şi, respectiv, cu 80-90% în volum. Datorită, însă, perioadelor de reparații şi oprire pentru mentenanță, precum şi a variabilității gunoaielor din punctul de vedere al combustiei lor, reducerea actuală a fluxurilor de deşeuri menajere este de circa 50% din greutate şi 60% din volum.

Incinerarea deşeurilor nu este însă o soluție viabilă din punctul de vedere al protecției mediului. Ea prezintă multe dezavantaje, printre care:

- nu este şi distructivă pentru deşeurile solide necombustibile, rămânând deci la volumul inițial;
- se consumă, prin ardere, unele deşeuri pentru care rentabilitatea este mult mai mare prin reciclare. Astfel, reciclarea hârtiei este de cinci ori mai rentabilă decât incinerarea acesteia, se reduce defrişarea pădurilor;
- incinerarea produce multă cenuşă toxică care poluează mediul înconjurător. De asemenea, temperatura ridicată a arderii poate produce reacții chimice care conduc la apariția unor substanțe toxice;
- procesul de ardere poate elimina în atmosferă oxizi de sulf şi de azot (care conduc la ploile acide), monoxid de carbon, gaze acide, dioxini şi furani (substanțe deosebit de toxice suspecte de a cauza cancer şi defecte genetice), metale grele ca plumbul, cadmiul şi mercurul;
- instalațiile de incinerare sunt foarte scumpe şi operația în sine de asemenea. Astfel, costul capacității de incinerare a unei tone pe zi se poate ridica la 100 000 – 150 000 de dolari, în timp ce o capacitate echivalentă de reciclare costă numai 10 000 – 15 000 de dolari, iar pentru fertilizare se estimează 15 000 – 20 000 de dolari.

Tabelul 8.5

Cantitatea totală, specifică şi structura deşeurilor menajere înregistrate în țările G7, în 1994

Țara	Deşeuri menajere							
	Total şi în % pe unele componente reciclabile						Kg/loc	Incinerare, $x10^6$tone
	Total, $x10^6$tone	Sticlă, %	Metal, %	Hârtie şi carton, %	Plastic, %	Altele, %		
0	1	2	3	4	5	6	7	8
SUA	208	9,0	8,8	34,7	6,7	40,8	864	15,0
Japonia	48,2	1,0	1,3	45,5	8,3	43,9	394	32,6
Germania	19,4	9,2	3,2	17,9	5,4	64,3	318	5,94
Anglia	18,0	10,0	8,0	29,0	7,0	46,0	357	2,50

Italia	17,3	6,2	3,1	22,3	7,2	61,2	301	2,79
Franța	17,0	7,5	6,5	27,5	4,5	54,0	303	6,97
Canada	16,0	6,6	6,6	36,5	8,3	42,0	625	1,41

Calea cea mai bună pentru reducerea impactului deşeurilor menajere asupra mediului înconjurător rămâne cea bazată pe reducerea cantitativă a acestora, prin reducerea, în limite raționale, a consumului bunurilor producătoare de deşeuri menajere.

8.6. Impactul deşeurilor solide urbane asupra mediului înconjurător şi sănătății umane

Majoritatea deşeurilor urbane din țările dezvoltate este depozitată în sisteme amenajate, care constituie, în continuare, cea mai ieftină opțiune de neutralizare a acestora. Spre exemplu, în SUA, aproape trei pătrimi din deşeurile menajere sunt deversate în gropile de gunoi. În Marea Britanie, cea mai mare parte a deşeurilor menajere ajunge la gropile de gunoi. În Franța, mai mult de 52% din deşeurile solide urbane sunt depozitate direct în halda de deşeuri, fără un tratament prealabil, o practică ce nu este perfect compatibilă cu obiectivele de mediu, cum ar fi conservarea ecosistemelor şi biodiversității, criteriile de folosire adecvată a terenurilor, prevenirea emisiilor de metan din depozitele de deşeuri menajere, care amplifică efectul de seră, contribuind astfel la încălzirea globală etc. Acest mod de stocare a deşeurilor se datorează costului considerabil mai mic de depozitare în haldă fără altă formă de prelucrare, raportul fiind de 30$ la 70$ (32 la 75–85 euro) pe o tonă de deşeuri solide urbane.

Majoritatea țărilor dezvoltate au ajuns la concluzia că – datorită cantităților enorme şi caracteristicilor gunoaielor produse – depunerea lor pe terenuri virane sau degradate este nesatisfăcătoare ca metodă de depozitare. Aceste terenuri permit pătrunderea în pânza freatică a substanțelor toxice antrenate de apa ploilor şi formarea amestecului denumit *leachate*, care poate conține o varietate de poluanți periculoşi, cum ar fi metale grele sau substanțe chimice organice. Gravitatea problemei este ilustrată prin faptul că, de exemplu, mai mult de o cincime din locurile de depozitare a deşeurilor periculoase din SUA o constituie terenurile de depozitare urbane.

Gropile de deşeuri solide urbane prezintă riscuri pentru mediu şi sănătate şi prin eliminarea mai multor gaze. Compoziția şi cantitatea de gaze sunt determinate de cantitatea şi compoziția deşeului biodegradabil, a soluției percolative (*leachate*), de tipul şi grosimea solului acoperitor, de tehnicile de plasament al deşeului şi de caracteristicile terenului. Metanul şi dioxidul de carbon sunt principalele gaze emise.

Două cauze stau la baza poluării aerului prin gropile de deşeuri solide urbane, şi anume, descompunerea deşeurilor şi arderea lor.

Descompunerea deşeurilor creează prejudicii atmosferei prin eliberarea de metan şi alte gaze, în condiții anaerobe. Se estimează că 7%

din totalul emisiilor de metan din lume provin de pe terenurile cu gropi de depozitare a deşeurilor, gazul metan constituind o componentă importantă a factorilor de încălzire globală a atmosferei. Descompunerea gunoaielor prezintă şi un risc de incendiu, administrarea incorectă putând conduce, în anumite condiţii, la explozia acestor gaze.

Arderea deşeurilor este răspândită şi la gropile de depozitare deschise din ţările în curs de dezvoltare. Deşi arderea deschisă a gunoaielor este interzisă de lege, de multe ori, incendierea este deliberată, cu scopul de a reduce volumul excesiv al acestora. Alteori, se produc incendii în mod spontan, când deşeurile organice devin combustibile, prin expunerea la razele solare.

Incinerarea, ca metodă de eliminare a deşeurilor solide urbane, generează, de asemenea, probleme privind mediul înconjurător şi sănătatea publică, fiindcă arderea gunoiului nu este un proces curat. Amploarea procesului de incinerare este exprimată de ponderea cantităţii de deşeuri arse în ţările dezvoltate, care variază de la 10% (în statele Americii de Nord) până la peste 70% (în Japonia şi Elveţia). Combustia materialelor la temperaturi mari eliberează elemente, precum oxizii de sulf şi de azot, monoxidul de carbon, dioxini şi furani şi metale grele, ca plumbul, cadmiul şi mercurul. Filtrele de gaze nu elimină în totalitate aceşti poluanţi. De pildă, în urma unui studiu efectuat de Fondul Apelor Curate (SUA), s-a constatat – în cazul emisiilor de mercur – că incineratoarele de deşeuri urbane sunt acum sursele cu evoluţia cea mai rapidă de emisii de mercur în atmosferă. Emisiile de mercur de la incineratoare au depăşit sectorul industrial ca sursă majoră de mercur atmosferic.

Dintre influenţele periculoase ale incinerării deşeurilor solide urbane pentru mediul înconjurător se semnalează emisia de oxizi de sulf şi de azot care conduc la ploile acide, în timp ce un efect direct asupra sănătăţii umane se consideră că l-ar avea dioxinii şi furanii, care constituie substanţe toxice suspectate de a cauza cancer şi defecte genetice.

Prin incinerare rezultă, de asemenea, cenuşă toxică; aceasta este chiar mai periculoasă decât volumul de deşeuri de dinaintea incinerării. Altă formă de poluare este contaminarea apei cu care se răceşte cenuşa fierbinte cu substanţe acide, punând serioase probleme de depozitare, în caz că nu poate fi reutilizată.

Prin urmare, incinerarea – ca metodă de eliminare a deşeurilor menajere – prezintă o serie de riscuri, iar principala consecinţă o reprezintă transportarea în formă gazoasă a gunoiului unei comunităţi către comunităţile învecinate, peste graniţele statale, propagându-se, în cele din urmă, în întreaga atmosferă.

Probleme de mediu şi sănătate sunt create şi de partea de deşeuri necolectate. Această situaţie este întâlnită deseori în oraşele statelor în curs de dezvoltare, unde rata de colectare a deşeurilor solide urbane poate fi de numai 30–50%. Deşeul necolectat poate fi ars, depozitat în locuri necorespunzătoare (în Cairo, de pildă, gunoiul poate fi dus pe terasele caselor, ca să se descompună la soare) şi necontrolate, sau poate rămâne

pe străzi, creând unele riscuri, în special pentru populație. Unul dintre aceste riscuri îl constituie blocarea canalelor, contribuind în acest mod la inundarea zonelor urbane. Menționăm că un rol important îl poate avea, de asemenea, compoziția deşeului. Spre exemplu, inundațiile devastatoare din anii 1988 şi 1998, din Bangladesh, au fost considerate de către autoritățile din această țară ca fiind determinate de pungile de plastic care au astupat canalele de scurgere.

Deşeurile solide urbane constituie, aşadar, amenințări serioase pentru mediul înconjurător, dacă ele nu sunt păstrate, adunate şi eliminate în mod corespunzător. Cele mai grave efecte ale managementului defectuos al deşeurilor solide municipale sunt considerate poluarea aerului şi contaminarea rezervelor de apă de băut. Efectele se răsfrâng, în cele din urmă, asupra populației, afectând fie direct, fie indirect starea de sănătate a acesteia. De altfel, în aşezările urbane, agenții patogeni din aer, apă, sol sau hrană s-au numărat întotdeauna printre cauzele majore de îmbolnăvire, iar sănătatea locuitorilor a depins de abilitatea lor de a administra propriul mediu de viață.

Eficacitatea pregătirii pentru eliminarea deşeurilor solide urbane reprezintă una dintre trăsăturile principale ale mediului de locuit. Problemele de sănătate sunt strâns legate de calitatea proastă a locuirii şi absența sau precaritatea serviciilor de bază.

Unele boli infecțioase şi parazitare sunt în relație directă cu pregătirea inadecvată pentru colectarea şi eliminarea deşeurilor menajere. O groapă de gunoi poate prezenta, de pildă, mai multe probleme potențiale pentru protecția şi sănătatea publică, dacă nu este proiectată şi gospodărită corespunzător:

• Eliminarea deşeului, mai ales în zone deschise, atrage rozătoare, insecte şi păsări, care, ulterior, răspândesc boli;

• Microbii patogeni pot fi direct inhalați datorită vântului care transportă contaminanții cu granulație fină;

• Chimicalele toxice pot constitui riscuri de îmbolnăvire.

Aşadar, fie că este vorba de gunoi colectat, dar impropriu gospodărit, fie de gunoi necolectat, riscurile pentru sănătatea populației există şi ele nu trebuie trecute cu vederea. În Columbia, spre exemplu, gunoiul necolectat poate cauza malaria.

Acesta blochează canalele de scurgere, iar acumulările de apă creează condiții de înmulțire şi răspândire a țânțarilor purtători de malarie (țânțarii Anopheles).

Malaria, boală parazitară, era considerată ca o problemă predominant rurală, în prezent însă creează probleme severe în zonele urbane din regiuni extinse ale Africii, Asiei şi Americii Latine.

În multe oraşe din țările în curs de dezvoltare, deversările de deşeuri netratate de pe terenurile deschise, din canalele sau şanțurile străzilor, scormonite de bărbați, femei şi copii, constituie mediu propice de răspândire şi pentru bolile infecțioase.

Implicațiile imediate ale mediului degradat prin gunoaie sunt mirosurile dăunătoare, dar, mai ales, agenții patogeni, care pot provoca boli intestinale, respiratorii, dermatologice etc. Prin arderea deşeurilor se elimină elemente deosebit de toxice pentru sănătatea oamenilor şi pentru mediu, deopotrivă.

Specialiştii sugerează, de asemenea, existența unei legături directe între defectele genetice la naştere şi proximitatea gropilor de gunoi. O cercetare realizată de către specialişti de la Şcoala Londoneză de Igienă şi Medicină Tropicală, pe subiecți care locuiesc în apropierea a 23 de gropi ecologice din Europa, demonstrează corelația menționată. Astfel, se susține creşterea cu 40% a defectelor cromozomiale la naştere (sindromul Down, spre exemplu) pe o rază de 3 km în jurul gropilor de gunoi.

Cei mai expuşi riscurilor la îmbolnăvire sunt cei care vin în contact direct cu gunoiul menajer, respectiv muncitorii, angajați în luarea gunoiului de pe străzi, precum şi cei care extrag materiale – scormonitorii în gunoaie –, pe care apoi le reciclează. Ei suferă, de obicei, de boli cronice de piele, ochi, boli respiratorii şi probleme intestinale. Expuşi unui risc ridicat de îmbolnăvire sunt şi copiii, care se joacă la depozite de gunoi, sau împrejurul acestora.

Problema devine cu mult mai dramatică pentru cei care trăiesc la gropile de gunoi.

CAP. 9. PROTECȚIA MEDIULUI

"Totul este perfect la ieşirea din mâna Creatorului,
totul degenerează în mâinile omului !"
Jean Jacque Rousseau

9.1. Omul în confruntare cu mediul înconjurător. Ecodezvoltarea

Perioada actuală, considerată a civilizației tehnice, face ca omul să se afle într-o contradicție accentuată cu natura, deşi din cuprinsul acesteia şi-a găsit adăpostul, hrana, apa de băut şi de udat ogorul, animalele pe care le exploatează în interesul său, lemnul din care şi-a construit locuința, aerul pe care-l respiră etc.

Tratând despre "***criza mediului ambiant***", Barry Commoner[1] constată "***un contrast marcant între logica ecologiei şi situația lumii reale, în care sunt încadrate problemele mediului ambiant***". El consideră că s-a ajuns la un adevărat eşec în strădania omenirii de-a dezvolta civilizația spre binele maxim al omenirii. ***"Am ajuns într-o stare de criză tocmai pentru că modul în care utilizăm ecosfera pentru a produce bogății este distructiv pentru această ecosferă. Sistemul actual de producție se autodistruge, iar calea urmată în prezent de civilizație duce spre sinucidere***".

De multe ori în cursul istoriei omul a adus deteriorări echilibrului naturii care s-au întors ca un bumerang, lovindu-l cu tărie pe el şi semenii săi. În cursul secolului al XX-lea, epocă de mare dezvoltare industrială şi explozie demografică, omul a trecut la o exploatare nu numai extensivă, dar şi pronunțat intensivă a naturii, pentru a-şi procura diferite materii prime şi surse variate de hrană.

Cea mai pronunțată intensitate de exploatare a unei resurse naturale, cu efecte majore asupra degradării mediului ambiant, a fost despădurirea unor întinse suprafețe de pe Terra. Despădurirea a cunoscut cote înalte, chiar mai înalte uneori decât în evul mediu, fiind defrişate suprafețe întinse de pădure, mai ales în America de Sud, Asia de sud-est şi în Africa. Ca urmare, în nordul Nigeriei, după 1950, Sahara avansează în fiecare an cu câțiva kilometri. Suprafața de împădurire a Saharei s-a redus în ultimii douăzeci de ani, de la 45%, la 15%.

La sfârşitul deceniului opt al secolului XX, producția mondială de lemn exploatat depăşea două miliarde mc, peste 50% din ea fiind destinată industrializării şi restul fiind folosită drept combustibil primar în țările subdezvoltate. Un raport asupra dezvoltării mondiale, de la începutul anilor 1990, elaborat de Banca Internațională pentru Reconstrucție şi Dezvoltare

---

[1] Barry Commoner, *Cercul care se închide*, Editura Politică, Bucureşti, 1980

(BIRD), apreciază că cel puțin 12 state ale lumii exploatează lemnul într-un ritm mult mai rapid decât permit pădurile de care dispun. În Parana – regiunea Braziliei cu bogate păduri ecuatoriale – suprafața forestieră a scăzut de la 7 600 000 hectare în 1948, la 2 200 000 hectare în 1979 şi la mai puțin de 1 500 000 hectare la începutul anilor 1990. Dacă se va menține actualul ritm de despădurire în Nepal, acesta va fi, peste 15 ani, total lipsit de păduri. Atât rapoartele diferitelor comisii FAO, cât şi ale unor organisme naționale au avertizat că tăierile necontrolate de păduri în vederea obținerii lemnului, fie ca sursă primară de combustibil, fie ca materie primă industrială au depăşit în multe regiuni ale globului ritmurile de refacere a copacilor.

Introducerea unor plante şi animale exogene, ce tulbură profund ecosistemele, în special ale zonelor insulare, a adăugat încă un factor major la distrugerea mediului înconjurător. De asemenea, exterminarea unor aşa zise vietăți periculoase, mari prădători, au creat dezechilibre în natură. Astfel, se ştie că coastele Australiei sunt bântuite de rechini, foarte periculoşi pentru cei care fac baie în apele oceanului înconjurător. S-a dus o campanie de distrugere a rechinilor. Însă, această rărire a rechinilor a avut ca efecte înmulțirea considerabilă a caracatițelor. La rândul lor, caracatițele, înmulțindu-se, au decimat langustele atât de apreciate ca aliment pe piața marilor oraşe. Interacțiunea a continuat mai departe în lanț: scăderea numerică a langustelor a dus la înmulțirea rapidă a stelelor de mare care distrug coralii, amenințând cu dispariția unele insule coraligene populate.

Desigur, aşa cum s-a mai specificat, există multe astfel de exemple care confirmă că natura biotică – şi legată de aceasta şi cea abiotică – se află într-o atât de strânsă intercondiționare a elementelor componente încât, deteriorarea unuia, de multe ori, aparent fără nici o însemnătate, poate avea repercusiuni grave într-un şir de fenomene şi procese naturale.

Utilizarea nechibzuită a resurselor naturale (sol, vegetație, faună) a continuat de-a lungul secolelor, accentuându-se odată cu creşterea densității populațiilor umane şi culminând cu perioada revoluției industriale. Dezvoltarea mijloacelor de comunicație, a navigației, călătoriile şi descoperirile geografice au permis omului cunoaşterea şi inventarierea bogățiilor naturale de pe toate meridianele globului. Pătrunderea europenilor în America de Nord, Australia şi Africa a avut, alături de alte urmări, şi nefastul efect de tulburare profundă a echilibrelor naturale. Începând din secolul al XVIII-lea, regiuni întregi au fost devastate, solurile distruse şi numeroase specii de animale au dispărut ori au ajuns în pragul dispariției ca urmare a intervenției brutale a oamenilor asupra mediilor naturale. De la 1700 şi până în prezent au dispărut 120 specii de mamifere şi circa 150 de specii (şi subspecii) de păsări, consecință a vânătorii intensive ca şi a distrugerii ecosistemelor specifice acestor viețuitoare. Dintre speciile de mamifere dispărute, amintim: bizonul american (*Bison bison*), apoi saiga (*Saiga tatarica*), bourul (*Bos primigenius*) şi capra alpină (*Capra ibex*), prezente în trecut în Europa şi chiar în țara noastră, iar dintre păsări, porumbelul migrator (*Ectopistes migratorius*), peruşul din Carolina (*Conuropisis carolinensis*), cocoşul de prerie (*Tympanuchus cupido*), marele pinguin (*Alca impennis*). Dintre

marile mamifere marine au fost exterminate vaca-de-mare (*Hydrodamalis stelleri*), lutra de mare (*Enhydra lutris*) şi altele.

Încercările de prevenire a dezastrelor naturale a mobilizat comunitatea umană în a lua măsuri. În acest context al situației periculoase în care a intrat comunitatea umană, a avut loc prima Conferință Mondială pentru Protecția Mediului Înconjurător de la Stockholm dintre 5 şi 12 iunie 1972. Aşa cum s-a specificat anterior, această conferință a stabilit o serie de principii de acțiune spre prevenirea unei catastrofe naturale provocate de om şi, eventual, chiar remedierea unor dezechilibre naturale deja existente. S-a stabilit şi un organism cu această menire sub denumirea de ***Programul Națiunilor Unite pentru Mediul Înconjurător (UNEP)***, cu sediul la Nairobi (Kenya – 1972).

La o întrunire internațională organizată de UNEP, din 1976, s-a lansat, printr-o declarație, conceptul de ***Ecodezvoltare***. Ce preconiza această declarație şi, deci, în context, conceptul de ecodezvoltare ? El sublinia ***punerea în valoare a fiecărui ecosistem, prin exploatarea rațională şi rentabilă a resurselor fizice, biologice şi culturale, necesitatea de a elimina sărăcia şi subdezvoltarea, punând la dispoziția populației locurile de muncă pe care le caută, realizând odată cu aceasta şi scopul de a conserva cele mai bune habitate pentru om şi celelalte viețuitoare***. ***Aceasta presupune amenajarea teritoriului în perfectă armonizare cu utilizarea lui rațională, cu menținerea unor anumite proporții între terenurile arabile, păduri şi pajişti, spații construite, drumuri etc***.

Prin aceste principii se preconiza o schimbare de accent ce trebuie pusă pe dezvoltarea progresului ştiințifico-tehnic şi economico-social şi anume: dezvoltarea agriculturii pe bază biologică, luându-se în considerare, în primul rând, cunoaşterea specificului zonelor în care se realizează; o bună organizare a folosirii îngrăşămintelor chimice conform necesităților solului, cu urmărirea rolului microorganismelor aparținând unei anume "grupe fiziologice", a reglării culturilor cu ritmurile sezoniere, cu ciclul activității solare etc. O a doua idee esențială se leagă de rolul dăunătorilor, care, invers decât până acum, sunt considerați a fi mijloace de apărare a biosferei, ce tind la eliminarea organismelor neintegrate ce ar putea periclita întregul sistem. Se mai adaugă, evident, şi alte principii, cum ar fi: îmbogățirea solului cu râme şi organisme fertilizante, concentrarea îngrăşămintelor chimice în materie foarte puțină şi încorporabilă, nu poluantă prin spălarea apelor meteorice etc. Multe principii au fost elaborate şi pentru dezvoltarea industrială.

Desigur, principiile sunt frumoase însă materializarea lor ridică multe probleme de a crea o posibilitate în acest sens. Dovada ? Continuarea cu şi mai mare intensitate a distrugerii mediului înconjurător. Dar, cel mai mare neajuns al materializării acestor principii decurge din faptul că cei care le elaborează nu dau şi soluții concrete de implementare. Un alt neajuns major rezultă din faptul că cei care pot decide aplicarea acestor principii sunt interesați de câştig şi nu de protecția mediului înconjurător. S-a specificat într-un capitol anterior cât a durat pentru a se materializa ideea de modificare a utilizării CFC-urilor în practica unor fenomene şi procese curente, campanii publicitare finanțate chiar şi pentru

denigrarea oamenilor de ştiinţă care atrăsese încă din anii 1970 atenţia asupra pericolului pe care-l prezintă folosirea mai departe a CFC-urilor.

Barry Commoner este prudent în privinţa materializării acestor principii când scrie: ***"Întrucât criza mediului ambiant rezultă din proasta gospodărire socială a resurselor mondiale, ea poate fi rezolvată şi omul poate supravieţui în condiţii omeneşti, dacă organizarea lui socială este armonizată cu ecosfera"***[2]. În dezvoltarea acestor idei, autorul nu consideră că s-ar impune înlăturarea tehnicii, ci numai readaptarea ei pentru a se armoniza cu natura repusă în condiţiile unei dezvoltări fireşti. Atât industria, cât şi agricultura ori transporturile, urmând să satisfacă, în continuare, cerinţele unei societăţi civilizate, să fie puse de acord cu cerinţele ineluctabile ale ecosistemului. La aceasta se poate ajunge – după părerea lui Commoner – prin: refacerea apelor uzate, readucerea gunoaielor menajere în sol în aşa fel încât să fie încorporate de acesta, înlocuirea îngrăşămintelor chimice cu substanţe fertilizante naturale, înlăturarea rapidă a pesticidelor sintetice prin agenţi biologici, înlăturarea detergenţilor extrem de dăunători faţă de natură, descurajarea acelor industrii care sunt mari consumatoare de energie, dezvoltarea unui sistem de transport terestru care să funcţioneze cu carburanţi la temperaturi de combustie scăzute, reutilizarea completă a tuturor resturilor metalice, a celor de sticlă şi faianţă, de hârtie şi materiale plastice care pot fi reutilizate, nepermiţându-se acumularea de îngrămădiri de deşeuri etc. Dar, aşa cum am mai menţionat sunt idei generoase însă şi generale.

9.2. Legi de bază ale economiei mediului

Orice ştiinţă operează cu anumite noţiuni şi concepte specifice şi ajunge la maturitate să stabilească sau să descopere legi care o guvernează. Dat fiind "explozia" problemelor de conţinut, accentuate într-un timp relativ scurt, pentru economia mediului (ingineria mediului sau ecologie globală) formularea legilor care o guvernează s-a făcut relativ târziu şi enunţul lor se datorează lui Barry Commoner.

Prima lege: toate elementele constitutive ale unui ecosistem sunt interdependente între ele. Această lege reflectă existenţa unei reţele complexe de legături reciproce în ecosferă: între diferitele organisme vii, ca şi între populaţii, specii, organisme individuale şi mediul lor fizico-chimic.

Caracteristicile de feed-back ale ecosistemelor duc la apariţia unor procese de o amploare considerabilă şi mare intensitate. De exemplu, faptul că în "lanţurile trofice" organismele mici sunt mâncate de altele mai mari, care, la rândul lor, devin hrană pentru altele şi mai mari, duce inevitabil la concentrarea anumitor constituenţi ambientali în corpurile vietăţilor celor mai mari, situate la capătul lanţului trofic. Organismele mici au întotdeauna metabolisme mult mai intense decât cele mai mari, astfel încât este mai mare şi cantitatea de hrană ce se oxidează în raport cu cantitatea încorporată în ţesuturi. Ca atare, vietăţile de la capătul lanţului trofic trebuie să consume mase mult mai mari de organisme

---

[2] Barry Commoner, *Cercul care se închide*, Editura Politică, Bucureşti, 1980

situate mai jos în acelaşi lanț trofic (anterior s-a specificat că randamentul de încorporare în țesuturile vietății prădătoare este de circa 10% din masa vietății prădate). În consecință, substanțele metabolizante din organismele mici se vor concentra în corpurile celor mari. Astfel, dacă concentrația de DDT (substanță greu metabolizată), astfel dacă în sol este 1, râmele vor ajunge la concentrația 10 până la 40, iar la sitarii ce se hrănesc cu aceste râme nivelul concentrației de DDT va fi circa 200.

Interdependența dintre elementele constitutive ale ecosferei determină un echilibru între acestea. De aici tendința continuă de autoreglare a echilibrului în cadrul ecosferei prin anumite funcțiuni ce le îndeplinesc diferitele elemente de legătură.

Atâta vreme cât nu intervine o forță perturbatoare externă puternică, echilibrul din ecosistem se autoreglează. Va exista, de exemplu, permanent un control spontan al numărului şi biomasei indivizilor dintr-o populație ce duce la menținerea integralității şi a echilibrului ei dinamic. Numărul indivizilor dintr-o populație reflectă starea de prosperitate sau de declin care are loc în interiorul său, precum şi relațiile ei cu celelalte elemente ale ecosistemului din care face parte. Factorii care reglează numeric populația respectivă sunt de natură externă şi internă. Dintre factorii externi, cu rol în creşterea sau diminuarea densității unei populații, cei mai importanți sunt factorii abiotici (lumină, temperatură, precipitații, poluanți anorganici, prelucrarea solului etc.). Factorul hrană este cel mai important în scăderea sau creşterea numărului indivizilor. Dintre factorii interni ai reglării numerice a populației fac parte elaborarea unor hormoni, canibalismul, proporția sexelor, fenomenul de teritorialitate etc. Astfel, conform unor teorii, reglarea creşterii populației la mamifere se realizează printr-un comportament social şi se explică prin răspunsurile endocrine legate de densitate. Când populația creşte, apare fenomenul de stres (sau agresiune) şi prin intermediul hipofizei antrenează o hiperactivitate a glandelor suprarenale, a rezervelor de glicogen care determină un şoc hipoglicemic ce produce o creştere a mortalității. Creşterea secreției cortico-suprarenale antrenează, de asemenea, o mortalitate ridicată care provine dintr-o mare sensibilitate la infecții şi la parazitism. Mecanismele fondate pe comportament şi pe funcțiile glandelor endocrine constituie un sistem de apărare care previne o distrugere totală a mediului de către organisme şi extinderea spațiului în care se dezvoltă populația în cauză. De asemenea, alga Chlorella elimină în mediu substanța clorelina care ajungând la o anumită concentrație, opreşte înmulțirea indivizilor, nepermițând creşterea populației peste o anumită limită. La fel, în cazul creşterii densității la unele specii de peşti, aceştia trec la hrănirea cu icre, lărgindu-şi astfel baza trofică şi stăvilind creşterea densității populației.

A doua lege: Orice element excesiv dintr-un ecosistem se deplasează într-o direcție de acțiune în concordanță cu proprietățile ce-i creează o anumită sau anumite funcțiuni. Este, evident, o formulare liberă, în concordanță cu cerințele ecologiei, a legii conservării materiei şi energiei din fizică care spune că materia şi energia sunt indestructibile. Aplicată la economia mediului, legea subliniază că în natură nu există "deşeuri". În toate sistemele naturale, ceea ce excretează un organism ca detritus este folosit de un altul ca

hrană. Fauna degajează bioxid de carbon ca detritus respirator, acest gaz este însă o substanță nutritivă de bază pentru flora în creştere. Plantele degajează oxigen ca detritus, utilizat ca substanță indispensabilă menținerii vieții de către faună. Deşeurile organice ale animalelor hrănesc bacteriile de putrefacție. Deşeurile acestora – substanțe anorganice: nitrați, fosfați, bioxid de carbon – sunt consumate de alge etc. Deci, această lege ne spune, de fapt, că totul ce există în natură există într-o strânsă interdependență.

A treia lege: Orice tensiune exterioară provocată de un element perturbator într-un sistem natural este nocivă pentru respectivul sistem. Conform legii anterioare, într-un ciclu ecologic nu se pot acumula deşeuri întrucât nimic nu se iroseşte. O vietate care constituie o parte a naturii, într-un ecosistem, nu poate, prin propriile sale activități biologice, să contribuie la degradarea ecosistemului. Ecosistemele sunt totdeauna supuse unor tensiuni din exterior. Omul poluează mediul numai pentru că s-a smuls din rețeaua ciclică, închisă, în care sunt prinse toate celelalte viețuitoare.

Atâta timp cât oamenii şi-au păstrat locul în ecosistemul terestru – consumând hrană produsă de sol şi oxigen degajat de plante, redând deşeurile organice solului şi bioxidul de carbon plantelor – el nu putea provoca daune ecologice grave. Dar, părăsind acest ciclu şi ajungând să trăiască, de exemplu, într-un oraş, unde reziduurile fiziologice nu mai sunt restituite solului, ci pătrund în apele de suprafață, oamenii s-au separat de ecosistemul căruia îi aparținea inițial. Acum, deşeurile sunt exterioare unui subsistem acvatic în care nu-şi au locul, fie prin cantitatea admisibilă de absorbție a ecosistemului, fie prin calitatea nouă, artificială, a deşeurilor şi afectează masiv capacitatea de autoreglare a ecosistemului, sfârşind prin a-l polua.

O serie de activități omeneşti – agricultura, exploatarea pădurilor şi pescuitul – folosesc direct productivitatea unui anumit ecosistem. În toate aceste cazuri, o componentă cu valoare economică a ecosistemului – o cultură agricolă, lemnul, peştele – este extrasă din ecosistem. Avem de-a face aici cu o solicitare externă care, pentru a se evita prăbuşirea, trebuie să fie atent adaptată adausurilor naturale şi artificiale aduse ecosistemului.

Tensiunea la care este supus mediul poate apare şi atunci când cantitatea unei anumite componente a ecosistemului este deliberat sporită din afară, fie prin evacuarea deşeurilor produse de om, fie prin dorința de a grăbi ritmul de producție al sistemului şi, implicit, de a mări cantitatea în care se poate obține un anumit bun material. Un exemplu pentru primul caz ni-l oferă deversarea dejecțiilor de canal în apele de suprafață; pentru al doilea caz, avem folosirea îngrăşămintelor cu azot în agricultură.

Întrucât numai omul este capabil să producă materiale ce nu există în natură, degradarea ambientală se poate datora şi introducerii într-un ecosistem a unei substanțe care îi este total străină. Un exemplu concludent îl constituie masele plastice care nu se degradează biologic; ele persistă sub formă de deşeuri sau sunt arse, în ambele cazuri producând poluare. Degradare ambientală se produce şi prin crearea de către om a dezechilibrelor între elementele constitutive ale ecosistemelor.

A patra lege: Orice profit se obține prin cheltuieli corespunzătoare de muncă vie şi materializată. Întrucât ecosistemul global este un tot închegat, în care nimic nu se poate câştiga sau pierde şi care nu poate fi îmbunătățit simultan sub toate aspectele, tot ceea ce se extrage din el prin strădunință umană trebuie înlocuit. Nu poate fi evitată plata acestui preț, poate fi cel mult amânată. Actuala criză ambientală este un avertisment că s-a întârziat cam mult. Ea este provocată din cauza depăşirii, în foarte multe cazuri, a pragurilor naturale de refacere a mediului ambiant.

9.3. Protecția mediului – o problemă globală

Protecția mediului înseamnă ansamblul acțiunilor de ocrotire şi îmbunătățire a mediului înconjurător, de protejare şi gospodărire judicioasă a resurselor naturale, inclusiv aerul, apa solul, flora, fauna şi eşantioanele reprezentative ale ecosistemelor naturale, întreprinse pe plan global sau local, în conformitate cu anumite declarații şi tratate internaționale sau hotărâri ale forurilor legislative din diversele țări ale lumii elaborate în conformitate cu legile ştiinței.

Protecția mediului constituie o problemă stringentă a politicii tuturor statelor lumii (dezvoltate sau în curs de dezvoltare) şi trebuie soluționată ştiințific, interdisciplinar şi interstatal. Însă, aşa cum scrie Commoner, ***"Pentru a soluționa criza ambientală, va trebui să renunțăm, în sfârşit, la luxul de a tolera sărăcia, discriminarea rasială şi războiul. În mersul nostru inconştient spre sinuciderea ecologică ne-am epuizat opțiunile. Acum, când trebuie să achităm datoria față de mediu, acestea s-au redus la două: sau organizarea rațională socială, a folosirii şi repartizării resurselor mondiale, sau o nouă barbarie"***. Şi mai departe: ***"Adevărata problemă este să descoperim care tip de orânduire economică şi socială este cel mai potrivit ca partener în alianța cu natura"***[3]. Ca atare, protecția mediului este o problemă globală a cărei rezolvare nu poate fi făcută decât cu contribuția interdisciplinară a specialiştilor, ea nefiind o problemă a biologiei, economiei, jurisdicției, tehnicii etc., ci a tuturor acestor domenii ştiințifice. Astfel, dacă considerăm, spre exemplu, protecția mediului față de noxele provenite de la un automobil cu motor cu explozie - biologul va examina efectul noxelor asupra bioticului de orice specie, juristul va căuta să formuleze legi care să constrângă în limitele datelor ştiințifice pe constructorii de automobile şi beneficiarii lor la unele restricții privind poluarea mediului, economiştii vor evalua costurile protecției mediului, iar tehnicienii vor spune că realizarea unor automobile nepoluante nu este posibilă, dar este posibil de redus gradul de poluare şi de neutralizare inofensivă a unora dintre poluanți, transformându-le efectele din nocive în disconforte. Se observă deci ***nu posibilitatea, ci necesitatea colaborării interdisciplinare***.

---

[3] Barry Commoner, *Cercul care se închide*, Editura Politică, Bucureşti, 1980

Plecându-se de la această necesitate de protecție a mediului comunitatea internațională a luat multe măsuri în acest sens. Dar, trebuie menționat că astfel de preocupări au existat şi în trecut. Ideea protejării naturii este foarte veche, ea găsindu-şi rădăcinile, probabil, din comuna primitivă, când, în mod instinctiv (şi apoi pe măsura cunoaşterii obiceiurilor animalelor şi migrațiilor, în mod deliberat), vânătorii reglementau perioadele de vânat şi cruțau prada în anumite condiții, călăuzindu-se după diverse "calendare" ale naturii.

În antichitate, ***primele popoare care au dat tărie de lege protecției naturii au fost cele orientale***, unde principiile filozofice şi cele religioase prescriu ocrotirea naturii şi a ființelor vii. Amintim, de exemplu, edictele împăratului indian Asoka, care prin 242 î.H., acorda protecția sa peştilor, animalelor terestre şi pădurilor creând pentru prima oară rezervații naturale. Alți suverani asiatici au promulgat legi asemănătoare, cum sunt de pildă cele ale lui Kubilai-han (1214-1294), marele stăpânitor mongol. Conform relatărilor lui Marco Polo (1254-1324), acesta interzicea vânătoare în timpul perioadelor de reproducere a păsărilor şi mamiferelor.

Mitul biblic al *"izgonirii din Paradis"*, după gustarea mărului cunoaşterii cuprinde nu numai un sens filozofic, dar şi unul practic, acela al "distrugerii" raiului terestru prin intervenția conştientă a omului în ordinea primitivă a naturii. Pedeapsa la care se supune va fi aceea de a investi efort fizic şi inteligență pentru obținerea hranei şi pentru apărarea mediului mai puțin ospitalier în care e nevoit să trăiască după izgonirea din "rai".

În evul mediu au fost promulgate multe legi care prevedeau ocrotirea naturii, a vânatului şi pădurilor.

Însă, abia în secolul al XIX-lea, o dată cu puternica dezvoltare a biologiei, cu sporirea gradului de instrucție a oamenilor şi înțelegerea "mecanismelor" care reglează interacțiunile dintre componentele vii şi mediul înconjurător, opinia publică a întrevăzut necesitatea ocrotirii naturii şi a creării unor rezervații naturale în diferitele regiuni ale globului, pentru conservarea florei şi faunei sălbatice amenințate cu dispariția.

Se poate spune că începând cu partea doua a secolului al XIX-lea, acțiunea protejării naturii a antrenat toate statele lumii, transformându-se, încetul cu încetul, dintr-o inițiativă sentimentală într-o adevărată politică statală, inclusă în regimul legislativ național şi internațional.

În România, ocrotirea naturii a fost inițiată, spre sfârşitul secolului al XIX-lea, de marele pictor Nicolae Grigorescu (1837-1907) şi botanistul Dimitrie Grecescu (1841-1909). În anul 1920, inițiativa lor se concretizează prin înființarea asociației "Hanul drumeților", devenind "Touring-Clubul României" şi apoi "Societatea de turism pentru protecția naturii". Însă, abia în 1928 s-a făcut pasul decisiv în direcția ocrotirii naturii prin ținerea la Cluj, sub preşedinția lui Emil Racoviță (1868-1947), a primului congres al naturaliştilor din România. Cu acest prilej, s-a cerut promulgarea unei legi a ocrotirii naturii şi înființarea Parcului național din Retezat.

Demersul s-a soldat cu apariția, la 7 iulie 1930, a Legii pentru protecția monumentelor naturii, pe baza căreia, ia ființă, pe lângă Ministerul Agriculturii şi

Domeniilor – Comisia monumentelor naturii, alcătuită din 6 specialişti al cărei prim preşedinte a fost Andrei Popovici-Bâznăşanu (1876-1969). În perioada 1930-1943, comisia a pus în rezervaţie 36 teritorii din ţară, printre care şi Parcul naţional Retezat.

După război, s-a trecut la reorganizarea ocrotirii naturii, concretizată prin Decretul nr. 237 din octombrie 1950 şi reconfirmat prin HCM nr. 54 din 1964.

La începutul anului 1990 erau în evidenţă 190 de obiective ocrotite sub formă de parcuri naţionale, rezervaţii naturale sau monumente ale naturii însumând o suprafaţă de 96 430 hectare, dintre care, 34 erau rezervaţii complexe cu o suprafaţă de 85 000 hectare, în care se include: Parcul naţional retezat – 20 000 hectare şi Delta Dunării – 41 500 hectare; 42 de obiective reprezentând rezervaţii botanice cu o suprafaţă de 6000 hectare; 20 de obiective rezervaţii paleontologice cu o suprafaţă de 220 hectare. În numărul de 190 de obiective se mai includeau: 31 de rezervaţii geologice, cu o suprafaţă de 1200 hectare; 20 de rezervaţii forestiere, cu o suprafaţă de 2 200 hectare şi 7 rezervaţii zoologice, cu o suprafaţă de 310 hectare. Erau ocrotite ca monumente ale naturii 21 de specii de animale, 15 specii de plante, precum şi arbori seculari izolaţi.

Desigur, asemenea măsuri legislative s-au luat în toată lumea, existând protejate foarte multe rezervaţii şi monumente ale naturii.

Urmările că problema protecţiei mediului este o problemă globală au fost elaborarea a multor convenţii şi acorduri internaţionale, la multe dintre acestea fiind parte şi România.

România a luat parte activ în comunitatea internaţională pentru protecţia mediului. A participat, la cel mai înalt nivel de responsabilitate, la cele două conferinţe mondiale de dezvoltare economică şi protecţie a mediului din 1972 şi 1992. În 1973 România adoptă printre primele ţări din lume Legea nr. 9/1973 pentru protecţia mediului, fiind reînnoită în 1995, reînnoire cunoscută sub numele Legea Protecţiei mediului nr. 135/1995. De asemenea, România este semnatară a mai multor convenţii internaţionale pentru protecţia mediului[4].

Prin participarea la nivel înalt de responsabilitate în stat, a României, la cele două Conferinţe Mondiale asupra Protecţiei Mediului, din 1972 şi 1992, ţara noastră şi-a manifestat disponibilitatea de a-şi aduce contribuţia la protecţia de depoluare mediului înconjurător.

Desigur, au fost multe manifestări internaţionale care se refereau la protecţia mediului şi la care România a luat parte.

Însă, cu toate aceste acţiuni întreprinse de societatea umană, calitatea mediului s-a depreciat continuu. Astfel, deşi, aşa cum s-a menţionat, au avut loc încheieri de Convenţii pentru depoluarea şi protecţia Oceanului Planetar, se menţionează că:

- anual circa 1,6 milioane de tone de petrol sunt deversate în mare. Ori se apreciază că ***o tonă de petrol poate otrăvi o suprafaţă***

[4] Buletin economic şi legislativ. Legislaţia de mediu şi activitatea agenţilor economici, nr. 7/1996, p. 87 – 94.

oceanică de 12 km² şi că ***un litru de petrol degradează un milion de litri de apă oceanică***. De asemenea***, prin arderea unui kilogram de petrol sau de cărbune rezultă trei kilograme de anhidridă carbonică (CO_2)***;

- între 1962 şi 1982 au fost aruncate, într-un anumit loc din Oceanul Atlantic, 94 000 tone de deşeuri nucleare; radioactivitatea gama: 7600 de curii în 1967 şi 50000 în 1982. Scufundarea deşeurilor a fost întreruptă abia în 1983, iar în 1985 părțile la Convenția asupra prevenirii poluării mărilor rezultând din imersia deşeurilor au adoptat o rezoluție ce interzice pentru o perioadă nedefinită aruncarea deşeurilor radioactive în ocean. Tratatul de la Raratonga interzice, din noiembrie 1986, imersia deşeurilor radioactive în Pacificul de Sud;
- apele uzate netratate sau parțial tratate au poluat puternic zonele din jurul oraşelor: Atena, Barcelona, Veneția, Marsilia, New York, San Francisco, Sydney.

La sfârşitul anilor '60, armata americană a utilizat în războiul din Vietnam un erbicid numit ***"Agent Orange"***, care avea să stârnească multe controverse şi după încheierea războiului. Fabricat la firma "Dow Chemical Co", acest produs conținea şi *dioxină* – "*cea mai temută dintre toate otrăvurile neradioactive*". Directorul cu problemele de toxicologie al firmei scria în acei ani unui alt oficial că "*dioxina este excepțional de toxică; are o imensă putere de a produce cloracnee*". Cu toate acestea, substanța defoliantă a fost produsă în continuare, guvernul american a cumpărat câteva milioane de kilograme, iar militarii le-au utilizat, afirmând că sunt esențiale în războiul din jungla vietnameză; 42,58 milioane de litri de "***Agent Orange"*** au fost răspândiți, între ianuarie 1962 şi septembrie 1971, pe 2,02 milioane hectare de pădure vietnameză. Vegetația a fost distrusă pe mari suprafețe. Dar, avea să se afle mai târziu, că aveau să sufere şi militarii americani. Veteranii războiului din Vietnam, care au suferit de pe urma faptului că au fost atinşi de otravă, în 1984, au intentat proces guvernului american, pe care l-au câştigat, primind despăgubiri. Atunci s-au făcut şi aceste dezvăluiri, care constituie şi dovada războiului chimic dus de SUA în Vietnam. Dar, pădurea vietnameză nu s-a mai refăcut. Dezvăluirilor din partea vietnameză din timpul războiului li se răspundea categoric că nu este adevărat. Iată că adevărul a apărut ulterior, punând în evidență responsabilități nesancționate de societatea umană, deşi prin gravitatea lor au adus mari prejudicii acesteia.

Pe baza acestor exemple şi nu numai a lor, se poate observa că nu mai există nici o îndoială privind influențele negative exercitate de om asupra mediului natural; de fapt, aceste efecte ale activităților umane au format deja convingerea că sunt considerabile. Nu mai este admisibil ca includerea factorilor ecologici în strategiile economice şi sociale ale agenților economici şi organisme sociale ce acționează local sau internațional să fie amânată până la cristalizarea unui consens ştiințific. Reacțiile adepților ocrotirii mediului natural şi cele ale autorilor politici de stat la schimbările petrecute în mediul nostru de viață pun accent pe procese ca utilizarea produselor

energetice şi sporirea populației, ignorând în bună măsură instituțiile şi piețele.

Contururile unui consens mondial s-au cristalizat lent în cursul ultimilor decenii. În perioada cuprinsă între prim Conferință mondială privind mediul înconjurător, ținută la Stockholm în 1972 şi a doua Conferință privind mediul ambiant şi dezvoltare economică ce a avut loc la Rio de Janeiro în 1992, comunitatea mondială şi-a intensificat opoziția față de practicile industriale care amenință biosfera.

Totodată, concepțiile tradiționale privind mediul internațional în care se desfăşoară activitățile economice – țările şi piețele – sunt estompate de faptul că efectele nocive traversează granițele, purtate de vânt, curenți şi alte procese naturale. Astfel, întreaga teorie privind răspunderile legale ale agenților economici, mai ales ale trusturilor multinaționale, se cere revizuită în lumina apariției problemelor legate de compensații şi ocrotirea mediului ambiant.

Morala, mediul ambiant, afacerile şi politica converg, ca urmare faptului că legile menite să ocrotească mediul ambiant devin o normă. Chiar şi țările care nu sunt prea dornice să acționeze sunt supuse unor presiuni irezistibile din partea unor organizații internaționale, grupările particulare cu obiective ecologice şi asociațiilor ştiințifice. După cum este cunoscut, mai cu seamă în țările europene, preocupările ecologice joacă un rol important în sfera electorală şi este greu de imaginat că vreun partid ar putea ieşi învingător în alegeri cu o platformă opusă eforturilor de ocrotire a mediului înconjurător sau chiar cu o platformă care promovează extinderea – mai curând decât limitarea – activităților productive.

Forurile internaționale reflectă, de asemenea, această atenție crescândă acordată mediului ambiant. O dovadă indiscutabilă a acestei orientări o constituie eforturile oficiale de elaborare a unei strategii cu orizont mondial în domeniul ocrotirii mediului natural, precum întâlnirile internaționale consacrate acestei probleme patronate de Organizația Națiunilor Unite.

Realitățile politice determină criteriile unei evaluări realiste a posibilităților de desfăşurare a unor activități economice profitabile. Trei tipuri de activități economice – cele din industria petrolului, industria chimică şi cea a construcțiilor – sunt exemple optime de activități care au de luptat cu o dilemă fundamentală: necesitatea dezvoltării continue a lor şi efectele ambientale generate care nu pot fi decât reduse, administrate, minimizate sau îngrădite. Aceste trei industrii ilustrează aspecte diferite de degradare ambientală larg răspândită, iar toate sunt caracterizate de inevitabilitatea unor restricții relevante din partea factorilor ecologici.

Vreme îndelungată ***industria petrolului*** a fost scutită de orice constrângeri impuse de stat sau de opinia publică. Absența aproape totală a unor norme ambientale în zonele în care trusturile petroliere desfăşurau operații de exploatare permitea acestor firme să acționeze după bunul lor plac. Lucrurile s-au schimbat însă între timp. ***Accidentul vasului petrolier al trustului Exxon din 1989, în vecinătatea coastei Peninsulei Alaska, a pus problema nu numai a unei responsabilități (morală sau legală), ci***

de a releva omniprezența fenomenelor de degradare ambientală pe care aceste accidente au ajuns să le aibă ca dezastru ecologic. Astăzi, industria petrolului a ajuns să fie supusă unui control din ce în ce mai riguros atât din partea autorităților de stat, cât şi din partea unor organizații particulare. Autoritățile din multe țări producătoare de petrol consideră că mediul ambiant este un factor relevant în ecuația petrolului.

Potențialul economic legat de eforturile de ocrotire a mediului ambiant se rezumă la *"public relations"* şi sfera mijloacelor de înlăturare a daunelor cauzate de poluare. Acest potențial include averea şi modelarea unor piețe la granițele tehnologice ale fiecărei etape a industriei petrolului, de la extragere până la transportare şi utilizare. Atât tehnologiile disponibile, cât şi cele aflate încă dincolo de orizont ar putea juca un rol în acest sens. Este de aşteptat ca eforturile făcute în aceste direcții să redefinească arena concurenței.

La fel ca în industria petrolului, ***industria chimică*** are de înfruntat probleme ambientale omniprezente, dar unitățile industriale cu profil chimic se află într-o situație mai dificilă în acest sens, ele fiind deja supuse unor regulamente internaționale generate de acorduri oficiale. Unul din motive este faptul că ***o seamă de accidente de felul celui petrecut în 1984 la fabrica de insecticide a trustului "Union Carbide" din India au dramatizat potențialul de daune ambientale al activităților legate de procese industriale periculoase*** şi a reliefat deficiențele de ocrotire a mediului înconjurător. Dar ce s-a întâmplat ? Urmare politicii Corporațiilor multinaționale, de a implementa fabricația substanțelor periculoase în țările slab dezvoltate întrucât mâna de lucru este mai ieftină şi legislațiile de protecție a mediului sunt mai îngăduitoare, ***"Union Carbide"*** a construit în sudul Indiei, districtul Bhopal, o fabrică de insecticide. Un element de bază al procesului de fabricație era ***izocianura de metil***, care se obținea în parte dintr-o substanță folosită în primul război mondial drept gaz de luptă. La 3 decembrie 1984, noaptea la ora 1,00, s-a desfăcut o supapă de la un rezervor, iar sistemul de siguranță a rămas blocat. Au sărit în aer 45 tone de izocianură de metil. Praful ridicat în aer în urma exploziei, s-a aşezat ca un nor deasupra oraşului. Au fost, după unele evaluări, peste 10 000 de victime. Alte circa 500 000 de persoane au suferit o serie de consecințe nefaste accidentului, cum ar fi orbirea sau alte afecțiuni de lungă durată. Oraşul arăta, la producerea accidentului, ca după un atac militar cu gaze toxice; străzile erau presărate cu cadavre de copii, jur împrejur se aflau maşini abandonate şi alte obiecte personale, se auzea plânsetul şi strigătul celor care şi-au pierdut persoane dragi, iar casele părăsite stăteau cu uşile larg deschise. ***Union Carbide*** nu şi-a asumat responsabilitatea acestui accident. A declarat că a fost vorba de un sabotaj şi au apărut chiar şi documente care dovedeau acest lucru (cu bani se poate dovedi orice). În luna iunie a anului 1985, factorii responsabili din consiliul de administrație au declarat în relatarea către acționari că UCC nu se simte în nici un caz responsabil pentru evenimentul tragic din Bhopal. Dar toate semnele arătau că accidentul se produsese din cauza reducerii bugetului, în speranța unui profit

mai mare. Guvernul indian a imputat celor responsabili de catastrofa de la Bhopal o sumă de despăgubire de 1,8 miliarde de lire, care ar fi urmat să se împartă victimelor. Dar, conflictul încă nu s-a soluționat. Se prea poate ca, până când se va sfârşi totul, nici o victimă să nu se mai afle în viață.

Pericolul ce-l prezintă direct sau indirect în procesul de producție din industria chimică, prin reziduurile acestora, au făcut ca în martie 1989, 93 de țări să participe la tratative în scopul elaborării versiunii finale a Convenției de la Basel privind controlul asupra circulației peste hotare a reziduurilor periculoase şi înlăturarea lor. Acest acord, care a fost rezultatul unor presiuni ferme exercitate de organizații ecologice şi ştiințifice particulare, priveşte atât companiile care produc reziduuri periculoase, cât şi statele care primesc bani de la aceste firme pentru a accepta asemenea materiale. În anumite privințe, Convenția de la Basel este rezultatul firesc al condițiilor de piață. Numărul țărilor care importă şi exportă reziduuri periculoase a crescut considerabil în cursul ultimelor două decenii. ***Aproximativ trei milioane de tone de materiale reziduale toxice traversează anual granițele europene***.

Industria chimică a fost supusă, de asemenea, unor reglementări menite să elimine emanațiile de fluorocarburi clorurate, compuşi chimici care diminuează ozonul stratosferei. Dar pentru acesta, aşa cum am menționat mai sus, au trebuit să treacă peste 20 de ani.

Dilema ***industriei construcțiilor*** este, în multe privințe, şi mai mare. În esență, problema poate fi definită astfel: construcția implică în mod inevitabil lezarea naturii. Toate aspectele acestei industrii se află în conflict cu natura – de la recoltarea materialelor de construcție, până la pregătirea terenului, transporturi, construirea propriu-zisă şi eliminarea deşeurilor.

Cu toate acestea, industria construcțiilor nu dovedeşte încă preocupări profunde privind problematica mediului ambiant – lucru surprinzător, dat fiind faptul că menirea acestei industrii este de a înlocui sistemele naturale cu sisteme create de om. Evident, mediul ambiant trebuie să devină foarte curând un factor important în planurile strategice ale firmelor de construcții.

Nu există încă o strategie globală de abordare pe plan juridic şi tehnologic a problemelor ecologice. Această situație trebuie să se schimbe, dar este puțin probabil că ea se va produce aşa curând, întrucât se ciocnesc foarte multe interese contradictorii la abordarea problemelor respective. Dictatele morale legate de mediul ambiant cer ca toți factorii de decizie, de la agenții economici la organismele internaționale, să depună eforturi intense de combatere a degradării mediului. Aproape nimeni, oriunde în lume, nu se pronunță astăzi în favoarea unei decizii economice neîngrădite, indiferent de consecințele pe care un asemenea curs le poate avea. Practicile de depozitare a materialelor periculoase produse de industria chimică sunt examinate acum cu multă rigoare. Accidentele soldate cu vărsări de petrol provoacă critici vehemente. În domeniul construcțiilor atenția se îndreaptă mai cu seamă către materialele periculoase şi practicile dăunătoare mediului ambiant.

9.4. Necesitatea abordării interdisciplinare la analiza protecției mediului înconjurător

În anul 1971, UNESCO a lansat programul de cercetare "Man and the Bisphere Programe" (Omul şi biosfera) – M.A.B. Scopul programului era ca, în cercetările din acest domeniu, să se elaboreze un nou mod de abordare a problemelor de mediu, promovându-se luarea în considerare a rezultatelor cercetării în procesul de decizie a organismelor cu caracter politico-social, naționale şi internaționale. M.A.B. a fost un program de cercetare interdisciplinară care în analizarea relațiilor reciproce dintre om şi mediul său se străduieşte să aplice concepția ecologică, tinzând să realizeze, în cadrul ştiințelor naturii şi ale societății, o astfel de bază ştiințifică care să permită folosirea rațională şi conservarea resurselor materiale şi de energie ale biosferei. În cercetările efectuate, s-a pus un accent deosebit pe studierea efectelor pe care la prezintă intervenția omului în sistemul ecologic şi asupra mediului înconjurător, pe analizarea efectelor biologice, sociale şi economice ale transformării mediului înconjurător. Baza structurii organizatorice de realizare a programului M.A.B. a constituito Comisiile Naționale UNESCO, la care au participat peste 90 de țări, pe 14 domenii principale de cercetare. Dintre acestea, câteva se refereau la examinarea problemelor speciale ale biosferei, ca, de exemplu, analiza relațiilor sistemelor ecologice (ecosistemelor) ale omului şi pădurile tropicale, studierea sistemelor ecologice ale savanelor şi regiunilor de câmpie, ale pădurilor din zona temperată şi mediteraneană, ale regiunilor muntoase şi de tundră, ca şi studierea structurilor urbane. Alte proiecte de cercetare se refereau la procesele ce au loc în toate domeniile biosferei, respectiv la influențele asupra biosferei. Rezultatele obținute, pe baza cercetărilor efectuate, au fost utilizate în discuțiile şi hotărârile luate cu ocazia întâlnirilor internaționale pe această problemă a țărilor lumii.

Realizarea programului M.A.B. a evidențiat cu pregnanță necesitatea abordării multilaterale a problemelor de mediu, a conlucrării interdisciplinare la efectuarea cercetărilor în acest domeniu. De asemenea, a evidențiat necesitatea elaborării unei metodologii adecvate în evaluarea rezultatelor obținute, pe baza transferului metodologic dintre ştiințele bine conturate de-a lungul timpului. Una din metodele desprinse din aceste concluzii constă în utilizarea principiilor termodinamicii în aprecierea degradării mediului.

Sesizând acest aspect interdisciplinar al abordării celor mai diverse probleme contemporane, Jean Piaget[5] scria: ***"Unul din faptele cele mai semnificative ale mişcărilor ştiințifice din aceşti ultimi ani este înmulțirea noilor ramuri ale cunoaşterii care, apărute prin convergența disciplinelor învecinate îşi atribuie, de fapt, scopuri noi. Aceste scopuri se repercutează adesea asupra ştiințelor-mame şi le îmbogățesc"***. Acest aspect îl putem exemplifica foarte bine prin cercetările ecologice moderne în care aplicarea unor principii ştiințifice, prin transfer metodologic din alte

[5] Jean Piaget, *Le science dell'uomo*, Bari, Lateran, 1975, p.320-321

domenii ştiinţifice, din ştiinţele tehnice şi ale naturii, au rezultat noi domenii ştiinţifice, cum ar fi: **ecologia globală, ingineria mediului, economia mediului** etc., dar şi cu efecte majore asupra însăşi a ecologiei teoretice sau generale, al completării acesteia cu noi aspecte teoretice şi metodologice.

Momentul Erwin Scrödinger în modificarea metodologică de cercetare în ecologia teoretică. Consecinţele ipotezei curajoase, lansată în 1943 de celebrul fizician austriac Erwin Scrödinger, prin conferinţele sale despre **Ce este viaţa ?**, de a examina problemele fundamentale ale biologiei cu ajutorul instrumentelor şi al metodologiilor din fizică au fost cu un mare răsunet pentru crearea unui domeniu ştiinţific nou, al biotermodinamicii, materializat prin apariţia, în SUA, în 1983, a unui manual universitar pentru facultăţile de medicină cu acest titlu, precum şi asupra ştiinţelor mamă, al biologiei şi fizicii. Ecoul acestei întreprinderi a lui Erwin Scrödinger[6] şi-a găsit răsunet şi la alt fizician celebru, Alfred Kastler[7], care scria: "**Sunt convins că taina vieţii poate fi înţeleasă plecând de la legile fizicii, dar cu condiţia să gândeşti aceste legi în totalitatea lor şi să introduci şi în biologie conceptul de complementarietate"**.

Dar, în ce a constat inovaţia metodologică a lui Erwin Scrödinger ? Prin problematizarea sa inovatoare Erwin Scrödinger sublinia, de fapt, avantajele care puteau fi oferite cercetării biologice prin confluenţa, în cadrul ei, a limbajului şi a rezultatelor concrete ale cercetării în câmpul fizic. El a emis ipoteza că materialul genetic este un **"aperiodic solid"**, adică o moleculă enormă, şi că mutaţiile sunt provocate de salturile cuantice din acest material. Eliberându-se completamente de ideea că pentru a explica caracteristicile organismelor vii este necesar a se invoca unele forţe speciale nonfizice sau supranaturale, el afirmă că facultăţile unor astfel de organisme se condensează în capacitatea de a atrage un flux de entropie negativă pentru a compensa creşterea de entropie pe care ele (organismele) o produc trăind şi care, dacă nu ar fi contrabalansată în mod necesar, le-ar apropia de starea periculoasă de entropie maximă, care este moartea.

Aşadar, mecanismul prin care un organism se menţine la un nivel de entropie scăzută (şi, în mod corespunzător, la un nivel ridicat de ordine) constă, după părerea lui Erwin Scrödinger, în a absorbi continuu ordine (entropie joasă) din mediul înconjurător, adică în a se alimenta mai mult sau mai puţin cu compuşi organici complecşi, care constituie o stare de extrem de bine ordonată a materiei vii şi în a-i restitui, după ce i-a întrebuinţat, într-o formă foarte degradată (chiar dacă nu în întregime degradată, după cum s-a demonstrat că plantele pot încă să le întrebuinţeze). Structura materiei vii trebuie astfel să se configureze ca un efect al capacităţii prin care un tip complex de asociaţie atomică foarte bine ordonată, cum este aperiodicul solid (sau moleculele cromozomului) trebuie să se menţină ordinea existentă a cărui expresie el este şi să producă evenimente ordonate. Aşadar, în timp ce ingineria care se ocupă de materia anorganică, este preocupată de

---

[6] Erwin Scrödinger, *Ce este viaţa ? Spirit şi materie*, Editura Politică, Bucureşti, 1980.
[7] Alfred Kastler, *Această stranie materie*, Editura Politică, Bucureşti, 1982.

regularitățile produse de un **mecanism statistic** care face să apară ***o ordine mirabilă din dezordinea atomică şi moleculară***, după cum atestă faptul că legea cea mai generală, cea care cuprinde toate fenomenele, înseamnă legea creşterii entropiei, nu este nimic altceva decât expresia creşterii dezordinii moleculare însăşi; biologul are de-a face cu un mecanism care, dimpotrivă, ***produce ordine din ordine***. Şi tocmai prezența acestor ***două mecanisme***, aparent contradictorii, explică pentru ce legile care permit înțelegerea marilor procese ale fenomenelor naturale, şi în primul rând a ireversibilității lor, nu sunt suficiente să explice comportamentul substanței vii, conducând şi la unele concluzii eronate precum că ***organismele vii nu se supun legii entropiei***. Prin urmare, trebuie introdus un tip diferit de lege care, însă, după părerea lui Erwin Scrödinger, nu este deloc produsul unei cunoaşteri nonfizice.

Trebuie însă luat în considerare că la analiza sa privind problemele structurii materiei vii, Erwin Scrödinger punea accentul pe primul aspect al tendinței complexe relevate de Jean Piaget, adică pe avantajele convergenței dintre disciplinele diferite. Era astfel exclusă orice referință la un posibil ***efect de feed-bak*** al acestei interrelații asupra ştiinței hegemone, în cazul de față al fizicii. În relevarea consecințelor contactului dintre fizică şi biologie el sublinia, de fapt, avantajele pe care aceasta din urmă (biologia) le avea (şi putea continua să le aibă) prin asimilarea de limbaje şi conținuturi deja omologate în cadrul primeia (fizica), dar, în acelaşi timp, era preocupat să evidențieze că nimic din ceea ce ştim despre materia vie nu demonstrează că este necesar să introducem ceva diferit de legile obişnuite ale fizicii.

Cel care a continuat cu cercetările în acest domeniu, dând o interpretare particulară în acest domeniu a mențiunii din partea doua a exprimării lui Jean Piaget că scopurile noi "... ***se repercutează adesea asupra ştiințelor-mame şi le îmbogățesc"***, care este de altfel, cu caracter general, a fost Ilya Progogine.

O "nouă alianță" între domeniile ştiințifice. Ilya Progogine ia în considerare efectul asupra ştiințelor fizice şi chimice cele două aspecte menționate deja de Erwin Scrödinger, de generare a ordinii din ordine şi a ordinii din dezordine. Şi în cercetările lui Ilya Progogine, problema de fond este tot cea a explicării fenomenului vieții; şi în acest caz, ipoteza de la care pleacă este că soluționarea acestei probleme reclamă contactul şi colaborarea câmpurilor disciplinelor diferite, în particular cele ale ştiințelor fizico-chimice şi ale ştiințelor biologice. Spre deosebire însă de Erwin Scrödinger, Ilya Progogine consideră că acest contact poate oferi rezultate corespunzătoare numai dacă toți termenii implicați în interrelația prospectată (aşadar, inclusiv fizica) suferă o transformare radicală. Un fenomen atât de complex, precum viața, poate fi explicat numai cu condiția să se realizeze ***o nouă alianță între ştiințele materiei anorganice şi ştiințele organismelor vii***, în primul rând, şi între ştiințele naturii, în ansamblul lor, şi ştiințele omului, în al doilea rând. Dar această nouă alianță va putea să se realizeze cu condiția ca, preventiv, să se efectueze o operă de transformare a bazelor ştiințelor naturale, pe de o parte, şi a celor ale ştiințelor despre om, pe de

alta. Prin urmare, ipoteza indispensabilă pentru realizarea ***noii alianțe*** este transformarea ştiinţelor, transformare înțeleasă în mod global[8].

Ideea genială a lui Ilya Progogine a constat, printre altele, în scindarea entropiei totale a unui sistem într-un flux intern de entropie $\mathbf{dS_i}$ şi un flux de entropie de schimb cu mediul înconjurător $\mathbf{dS_e}$. Aceasta întrucât, în cazul unor procese reale, neideale, numai o parte din **dS**, care se va nota cu $\mathbf{d_eS}$ posedă aceste proprietăți; $\mathbf{d_eS}$ descrie "fluxul" de entropie între mediu şi sistem, ansamblul transformărilor sistemului determinate de fluxuri de schimb cu mediul, putând fi anulate printr-o inversare a acestor fluxuri.

Însă, schimburile cu mediul provoacă în interiorul sistemului alte transformări care, de data aceasta sunt ireversibile; este vorba de acelea care antrenează o scădere de randament în sistem, adică fluxuri ce nu pot fi readuse la sursa caldă printr-o inversiune a sensului de funcționare a ciclului. Termenul $\mathbf{d_iS}$ este întotdeauna pozitiv sau cel puțin egal cu zero; o inversiune a schimburilor cu mediul nu-i schimbă semnul. ***Variația entropiei dS este, aşadar, suma celor doi termeni: $d_eS + d_iS$, cu proprietăți diferite; primul este independent de direcția timpului, deoarece semnul său depinde numai de sensul schimbărilor cu mediul; cel de al doilea nu poate decât să sporească entropia în cursul timpului sau să o lase constantă***.

Într-un sistem izolat, fără schimburi cu mediul, fluxul de entropie este prin definiție nul. Nu rămâne decât termenul de "producere" de entropie, şi, din acel moment, entropia sistemului nu poate decât să crească sau să rămână constantă. Aici nu mai este vorba de transformări ireversibile, ca aproximații a unor transformări reversibile; creşterea entropiei indică o evoluție spontană a sistemului. Entropia devine astfel un "indicator de evoluție" şi exprimă existența unei "săgeți a timpului"; pentru orice sistem izolat, viitorul este direcția în care creşte entropia. Pentru un sistem izolat echilibrul apare ca o adevărată "stare de atracție" a stărilor de non-echilibru. În cazul sistemelor neizolate, procesele ireversibile caracterizate de relația:

$$\mathbf{dS = d_eS + d_iS}$$

care semnifică că evoluția spontană spre echilibru este de altă natură decât evoluția determinată şi controlată printr-o alterare a condițiilor la limită (precum temperatura ambiantă).

Următoarea problemă ce trebuie rezolvată era de a crea o legătură între dimensiunile macroscopice ale sistemelor termodinamice şi structura microscopică a acestora.

Problema trecerii între nivelele macroscopice a fost făcută de Ludwig Boltzmann, prin definirea probabilistă a entropiei. Prin relația:

$$\mathbf{S = k \,.\, \ln w}$$

Boltzmann a atras atenția că se putea interpreta creşterea ireversibilă a entropiei ca expresie a creşterii dezordinii moleculare, a "uitării" progresive a oricărei disimetrii inițiale. Prin această relație, Boltzmann face din evoluția termodinamică

---

[8] Ilya Prigogine, Isabele Stengers, *Noua alianță. Metamorfoza ştiinței*, Editura Politică, Bucureşti, 1984.

ireversibilă o evoluție spre stări de probabilitate crescândă şi din "starea de atracție", starea macroscopică realizată de aproape totalitatea stărilor microscopice în care se află sistemul.

Însă, $\mathbf{dS = d_eS + d_iS}$ şi întrucât $\mathbf{d_eS <,=,> 0}$, trebuie precizată care este tendința de deplasare entropică a sistemului. Prin $\mathbf{d_iS}$ sistemul arată că are o "producție" de entropie. În acelaşi timp, dacă $\mathbf{d_eS < 0}$, se poate spune că tinde spre $\mathbf{dS < 0}$? Nu, întrucât s-a demonstrat că totdeauna $\mathbf{dS > 0}$. "Producția" de entropie satisface teorema fundamentală a minimului "producției" de entropie. Această teoremă afirmă că ***stările apropiate de starea de echilibru tind spre starea stabilă de neechilibru staționar, în care producția de entropie ia valoarea minimă*** (Ilya Prigogine).

Creşterea entropiei $\mathbf{d_iS}$, datorită ireversibilității proceselor, capătă o interpretare intuitivă în cadrul concepției atomiste asupra structurii materiei. Ideea de bază a acestei interpretări este destul de simplă. Sistemele evoluează de la stări mai puțin probabile spre stări mai probabile; în acelaşi timp însă, conform principiului al doilea, sistemele evoluează de la stările cu entropie mai mică spre stările cu entropie mai mare. Este clar, aşadar, că între entropia unei stări şi probabilitatea de realizare a acestei stări există o legătură strânsă. Iar interpretarea microscopică dă posibilitatea caracterizării probabilității de realizare a stării printr-o mărime fizică. Se observă astfel că o stare macroscopică dată – numită pe scurt macrostare – definită de parametrii termodinamici, este compatibilă cu un număr foarte mare de stări microscopice – denumite pe scurt microstări – definite de valorile individuale ale parametrilor particulelor microscopice, întrucât unei valori medii îi poate corespunde un mare număr de combinări de valori individuale. Boltzmann postulează că numărul de microstări compatibile cu o macrostare dată, număr denumit pondere statistică sau probabilitate termodinamică de stare **w**, este măsura probabilității de realizare a macrostării. Probabilitatea termodinamică de stare este cu atât mai mare, cu cât acea stare este mai dezordonată.

Spre o nouă paradigmă ştiințifică. După cum s-a menționat, Erwin Scrödinger credea că problema raportului dintre materia anorganică şi procesele vieții ar putea fi eficient clarificată prin referința la două mecanisme diferite, prin intermediul cărora se pot produce evenimente regulate: ***mecanismul statistic, care produce "ordine din dezordine" şi mecanismul dinamic care produce "ordine din ordine"***. Pe baza acestei polarități el trăgea concluzia că înțelegerea vieții ar trebui să se bazeze pe un proces explicativ care, conservând totuşi caracterele puternic inovatoare şi substanțial inedite ale fenomenelor vitale, ar acționa însă asupra analogiilor dintre acestea din urmă şi corpurile capabile să funcționeze dinamic, precum orologiile. Nu întâmplător el se referă în această privință la studiul lui Max Planck ***Legi dinamice şi legi statistice*** în care autorul, după ce a subliniat că dualismul dintre primele şi secundele este strâns legat de cel dintre microcosmos şi macrocosmos, observă că ***"nu trebuie să credem, din această cauză, că dinamica şi statistica sunt coordonate***

una de cealaltă". De fapt, o lege dinamică satisface complet nevoia noastră de raporturi cauzale şi are, prin urmare, un caracter simplu, în timp ce o lege statistică este un lucru complex la care nu ne putem definitiv opri, întrucât ea ascunde încă în sine problema felului cum este recondusă la elementele sale dinamice simple pentru care ***"orice statistică poate spune primul cuvânt, dar niciodată ultimul"***. În virtutea acestei premise, Max Planck trăgea concluzia că şi în cazul proceselor vieţii spirituale ***"găsim condiţii întru totul analoage, cu deosebirea că aici cauzalitatea strictă îşi pierde orice importanţă faţă de probabilitate şi microcosmosul faţă de macrocosmos. Ei bine, şi aici, baza necesară pentru cercetarea ştiinţifică în toate domeniile, până la problemele foarte complicate ale voinţei umane şi ale moralei, este admiterea unui determinism absolut. Desigur, în ştiinţele spiritului trebuie o precauţie a cărei necesitate în ştiinţele naturale este prea evidentă pentru a mai fi pusă în evidenţă: adică trebuie să avem grijă ca fenomenul care trebuie cercetat să nu fie deformat de cercetarea însăşi"***. Şi cum ***"a gândi şi a cerceta sunt şi ele fenomene psihice, şi dacă obiectul cercetării este identic cu subiectul care gândeşte el se modifică continuu, pe măsură ce cunoaşterea progresează, este a priorii perfect inutil să vrem să tratăm în mod exhaustiv din punct de vedere determinist şi evenimentele viitorului nostru, încercând în acest mod să ne debarasăm de conceptul de libertate morală"***. Cine consideră că liberul arbitru, nelimitat de legile cauzale, este ireconciliabil din punct de vedere logic de determinismul absolut al vieţii spirituale comite, de aceea, după părerea lui Planck, o eroare de principiu.

Spre deosebire de Max Planck şi de Erwin Scrödinger, Ilya Prigogine răstoarnă punerea problemei. După părerea sa, dacă vrem să explicăm ce este viaţa, trebuie să începem prin a denunţa limitele de fond ale fizicii clasice, în particular ale dinamicii, care sunt răspunzătoare pentru o imagine a realităţii foarte reductivă şi parţială, atât de reductivă şi parţială încât face imposibilă o apropiere, într-adevăr explicativă, de fenomenele atât de complexe precum procesele vitale.

Etapele care pot să ducă la edificarea noii alianţe, preconizată de Ilya Prigogine, pot fi sintetizate în felul următor.

În primul rând, critica idealizării galileice care este fundamentul însuşi al fizicii, instituită în secolul al XVII-lea: identificarea obiectului fizic cu suportul inert al forţelor conservatoare. De fapt, această identificare este răspunzătoare de negarea, din partea dinamicii, încă de la constituirea sa, a ideii unei transformări care să modifice un corp într-o atare manieră încât să fie imposibil să îl reconducă la identitatea ascunsă a unui nivel mai fundamental al realităţii. Abandonarea idealizării galileice vrea să însemne tocmai recuperarea acestei idei şi, odată cu ea, trecerea la o ştiinţă care să pună în centrul atenţiei sale conceptul de proces.

În al doilea rând, trebuie renunţat la convingerea care a fost profund înrădăcinată în modul de a concepe teoria fizică atât la Max Planck, cât şi la Erwin Scrödinger, că nivelul de descriere macroscopică căruia i se

pune problema mecanismului statistic care face să apară ordinea din dezordine poate fi definit ca o simplă aproximare referitoare la un nivel dinamic mai fundamental şi poate, prin urmare, cel puțin ca principiu să fie dedus în mod statistic-determinist, plecând de la alcătuirea fizico-chimică şi de la interacțiunea cu mediul înconjurător.

În al treilea rând, este necesar să se lase la o parte postulatul după care condițiile inițiale pot fi arbitrar alese, postulat care constituie pentru fizica clasică condiția care permite legilor formulate pe baza ei să se înalțe la demnitatea de legi universale. A suprima această aspirație înseamnă a opera o alegere în cadrul condițiilor inițiale şi a aprecia care dintre ele sunt conforme cu ipotezele în legătură cu care teoria declară, încă de la început, că vrea să se conformeze. Se înțelege că această concentrare a atenției doar la o singură clasă de soluții trebuie să se bazeze pe disponibilitatea unei teorii suplimentare care să ne dea o oarecare informație ulterioară pe care mecanica nu ne-o oferă şi care să servească drept instrument discriminator pentru eliminarea tuturor acelor condiții care nu sunt compatibile cu aceste informații noi.

Aceste trei etape sunt intim legate între ele; combinarea lor reciprocă clarifică, în mod mai eficient, sensul fiecăreia dintre ele, iar, pe de altă parte, din sinteza lor derivă unele consecințe de mare importanță în ceea ce priveşte redefinirea obiectelor şi a obiectivelor cercetării ştiințifice. Pentru a clarifica semnificația complexă a acestor inovații Ilya Prigogine pleacă de la o distincție preliminară a diferitelor sisteme de care se poate ocupa cercetarea ştiințifică. ***În primul rând***, există sisteme "izolate", care nu pot schimba nici materie, nici energie cu mediul înconjurător; ***în al doilea rând***, există sisteme "închise" care pot schimba energie însă nu materie cu mediul înconjurător; ***în al treilea rând***, există sisteme "deschise" care pot schimba materie sau/şi energie cu mediul înconjurător.

Din moment ce o caracteristică fundamentală a structurilor biologice relevată de Erwin Scrödinger este că ele au o organizare care depinde în mod vital de schimbul de materie şi energie cu mediul înconjurător, studierea fenomenelor vitale va trebui, în mod necesar, să se compare cu analiza sistemelor deschise. Aceste sisteme pot să existe în trei regimuri diferite: **a** – într-o situație de echilibru termodinamic, în care fluxurile şi curenții au eliminat diferențele de temperatură şi de concentrare, entropia a urcat la o valoare maximă şi s-a ajuns la o uniformitate care corespunde cu starea maximei dezordini moleculare; **b** – într-un regim de uşoară depărtare de echilibru sau de "starea de nonechilibru linear" în care sunt menținute mici diferențe de temperatură şi de concentrare care sunt suficiente pentru menținerea sistemului în afara echilibrului dar nu să favorizeze apariția oarecare a unei noi structuri sau organizări; **c** – într-un regim de nonechilibru care apare atunci când forța termodinamică ce acționează asupra sistemului atinge valori destul de ridicate care îl fac să iasă în afara regiunii lineare cu imposibilitatea consecventă că sistemul însuşi să-i fie garantate stabilitatea stării staționare şi independența față de fluctuații. În aceste condiții, stabilitatea nu mai este consecința legilor generale ale fizicii; dimpotrivă, sistemul este "instabil" şi dacă

fluctuațiile, în loc să descrească, se amplifică până la a invada întregul sistem, acesta din urmă evoluează spre un nou regim care poate fi calitativ destul de diferit de stările staționare corespunzătoare minimului de producere a entropiei. Astfel, pot apare spontan noi structuri şi noi tipuri de organizare; caracteristica fundamentală a acestor noi structuri care le opune celor ale echilibrului este faptul că ele pot avea un comportament coerent, implicând cooperarea unui mare număr de unități.

Aşadar, în toate aceste situații apare un nou principiu de ordine care, în esență, corespunde unei amplificări a fluctuațiilor şi unei stabilizări finale a lor, prin fluxul de materie şi energie din mediul înconjurător. Ordinii din ordine şi ordinii din dezordine de care vorbea Erwin Scrödinger trebuie, deci, adăugat, după Ilya Prigogine, un nou tip de ordine care poate fi denumită "*ordine prin intermediul fluctuațiilor*". Caracteristica distinctivă mai deosebită a acestui nou tip de ordine constă în a fi rezultatul ***disipării energiei şi al materiei*** la condiții departe-de-echilibru. Prin urmare, acesta pare efectul combinării singulare între organizare, pe de o parte, şi pierderi de cheltuieli, pe de alta; tocmai pentru a sublinia această asociere inedită, Ilya Prigogine defineşte ***disipative*** structurile produse de noul mecanism de ordine, nereductibil la principiul de echilibru şi care necesită, tocmai datorită acestui lucru, o distanțare critică de echilibru, adică un nivel minim de disipare. Aşa cum s-a menționat, aceste structuri corespund unei forme de organizare supermoleculare care le conferă un comportament coerent. De fapt, ele reflectă intrinsec situația globală de nonechilibru care le-a produs.

S-a menționat că structurile disipative nu pot să existe independent de lumea exterioară, adică de aporturile permanente de energie şi materie, provenind din mediul înconjurător. Dar, trebuie subliniat şi faptul că ele mențin cu mediul respectiv un raport cu totul particular. Departe de a fi complet determinate de condițiile înconjurătoare, aceste structuri se prezintă capabile să reacționeze ca răspuns la condițiile înconjurătoare care le impun realitatea înconjurătoare şi, în particular, sunt în măsură să creeze propriile lor frontiere, să atingă o dimensiune "naturală", determinată de funcționarea sistemului în interiorul lor şi să se comporte, deci, ca centre de organizare, de adaptări şi de invenție. Aşadar, dacă, pe de o parte, ele depind de mediul înconjurător, întrucât nu au vitalitate decât din schimburi cu acesta din urmă, pe de alta, ele se prezintă ca elemente de perturbare a lumii exterioare, care încearcă să se apere eliminând noutatea care vizează să-şi tulbure propria structură. Prin urmare, în interiorul zonei fluctuante procesele disipative tind să intensifice activitatea elementelor inovatoare (adică a fluctuațiilor), în timp ce schimbul cu mediul înconjurător încearcă să o diminueze. Competiția dintre aceşti doi factori determină destinul fluctuației: invazia întregului sistem şi reorganizarea spațiului în funcție de regimul disipativ sau de dispariție. Or, difuzarea produselor provenind din lumea exterioară, care nu este în fluctuație, este cu atât mai eficientă pentru eliminarea fluctuației cu cât zona fluctuală este mai mică: numai plecând de la o dimensiune critică fluctuația poate să reziste şi să se dezvolte.

Ilya Prigogine acordă o atenție particulară mecanismului de amplificare a fluctuațiilor. Astfel, el menționează: ***"Este aproape evidentă o concluzie de ordin general: o fluctuație nu poate să invadeze întregul sistem printr-o singură mişcare. Trebuie înainte să se stabilizeze ea însăşi printr-o singură mişcare. Pe măsură ce această regiune inițială rămâne sub sau depăşeşte o anumită valoare critică... fluctuația va regresa sau se va răspândi în întreg sistemul. Acesta este un fenomen de nuclearizare, familiar în teoria clasică a schimbărilor de stare... Se poate demonstra că măsura nucleului critic este cu atât mai mare cu cât mai importantă este difuzarea care leagă toate regiunile sistemului. Cu alte cuvinte, are loc o comunicare cu atât mai rapidă în cadrul sistemului cu cât mai mare este procentul de fluctuații insignifiante care nu pot schimba starea sistemului, adică această stare este cu atât mai stabilă. Cum poate fi interpretat acest concept de măsură critică ? El este o consecință a faptului că «lumea exterioară», mediul regiunii fluctuante, tinde întotdeauna să amortizeze o fluctuație. Ea va fi distrusă sau amplificată după eficiența legăturii dintre regiunile fluctuante şi lumea exterioară. Măsura critică este o măsură a raportului dintre volumul în care au loc reacțiile şi suprafața de contact prin care această regiune interacționează cu lumea exterioară. De aceea, măsura critică este determinată de o competiție dintre «puterea de integrare» a sistemului şi mecanismele chimice care amplifică fluctuația în cadrul subregiunii fluctuante"***[9].

Faptul că modul de funcționare a structurilor disipative nu este determinat numai de constituirea chimică şi de interacțiunea cu mediul înconjurător, ci trebuie influențat neîndoielnic de elementul imprevizibil şi cauzal al fluctuațiilor ale cărui amplificare stabilizată ele sunt, face astfel încât aceste structuri să nu poată fi înțelese fără o referință precisă la trecutul lor. Dacă nici o descriere a stării fizico-chimice într-o instanță dată a unei structuri produse de o succesiune de fluctuații amplificate nu poate să-şi dea seama de funcționarea sa pentru a prevedea ce fluctuație se va produce sau spre ce regim va evolua sistemul, trebuie să ne referim la trecutul acestei structuri, considerat ca fiind unic şi nereproductibil, întrucât este urzit din evenimente imprevizibile. Orice structură disipativă apare astfel ca produsul unei istorii. Orice structură disipativă apare astfel ca produsul unei istorii individuale; şi tocmai această referință la istorie impune ruperea simetriei timpului pe care fizica clasică o considera ca postulat în numele reversibilității comportamentului elementelor fundamentale ale realității. Pentru a explica comportamentul şi funcționarea proceselor disipative, observatorul trebuie să deosebească trecutul de viitor, adică trebuie să stabilească o săgeată a timpului. Dacă se analizează sensul acestei distincții, după părerea lui Ilya Prigogine, nu se poate decât să se conchidă că este vorba de un concept primitiv, de o precaritate necesară pentru studiul tuturor formelor de viață dar, în realitate, şi pentru orice interogație

---

[9] Ilya Prigogine, Isabele Stengers, *Noua alianță. Metamorfoza ştiinței*, Editura Politică, Bucureşti, 1984.

ştiinţifică. Astfel, Ilya Prigogine scria: ***"Nu există şi nici nu este de conceput vreo explorare a mediului înconjurător, vreo descriere fizică, fie că ea vizează fenomene reversibile sau ireversibile, fără o activitate orientată în timp; însăşi definirea unui instrument de măsură sau pregătirea unui experiment, are nevoie de o distincţie dintre «înainte» şi «după» şi întrucât noi cunoaştem ireversibilitatea devenirii, noi putem recunoaşte mişcarea reversibilă, schimbarea simplă care reconduce la o echivalenţă reversibilă dintre cauză şi efect"***.

Din acest punct de vedere ar putea să pară că descrierea cauzală în care apare explicit partea disipativă a evoluţiei, acea parte care asigură caracterul său ireversibil, trebuie să preceadă logic descrierea reversibilă şi, într-un anumit sens, să o fundamenteze. În realitate însă, pentru Ilya Prigogine lucrurile nu stau astfel. El subliniază, în schimb, cum aceste două nivele se presupun alternativ, într-o schemă circulară care nu are un punct de plecare fix şi stabilit o dată pentru totdeauna sau mobil pentru orice condiţie. De fapt, dacă distincţia dintre trecut şi viitor apare ca o ipoteză indispensabilă pentru a înţelege problemele înseşi pe care le pune dinamica, pe de altă parte, aceasta din urmă, constituie, la rândul său, un punct de plecare, întrucât, pentru un observator, legile sale sunt centrul de referinţă al matematizării naturii. Condiţia de disipativitate este construită în realitate printr-o trecere la limită, plecând de la sistemele "mici", în cadrul cărora acţionează legile dinamice reversibile. Pe de altă parte, o ruptură de simetrie nu are sens dacă nu este confruntată cu o lume, fie ea reală sau conceptuală, în care această simetrie să fie validă adică dacă nu este definită prin referire la un nivel elementar în care simetria să fie totală. Ilya Prigogine scrie: ***"Lumea legală a traiectoriilor reversibile, rămâne, aşadar, în centrul fizicii noastre; ea constituie o referinţă conceptuală şi tehnică pentru a defini şi descrie domeniul în care instabilitatea permite introducerea ireversibilităţii, adică o ruptură a simetriilor ecuaţiilor cu privire la timp. Totuşi, lumea reversibilă devine numai un caz particular, iar dinamica, echipată cu operatorul de entropie, care permite descrierea lumii complexe a proceselor se găseşte, la rândul său, în situaţia de a fi luată ca punct de plecare; la nivel macroscopic, ea poate genera inerţia monotonă a stărilor de echilibru – stări medii produse de compensaţia statistică – dar ea poate să genereze şi singularitatea constituită în structurile disipative născute printr-o rupere a echilibrului ei, în sfârşit, istoria, drumul evolutiv singular care accentuează o succesiune de bifurcaţii. În ce priveşte structura formată ca urmare unei astfel de revoluţii, se poate afirma că activitatea sa este produsul istoriei sale şi conţine distincţia dintre trecut şi viitor. Astfel, cercul se închide, lumea macroscopică este, la rândul său, capabilă să ne ofere punctul de plecare de care avem nevoie pentru orice observaţie"***.

În acest mod dispare un nivel al realităţii care este acceptat ca fundamental. În schimb, există o pluralitate a nivelurilor de descriere, articulate într-o schemă circulară care subliniază într-un mod simultan coexistenţa lor şi implicarea lor reciprocă şi, prin urmare, exclude posibilitatea ca una din ele să poată aspira, legitim, la un rol preeminent.

Tocmai ruptura de simetrie şi distincţia consecventă dintre trecut şi viitor, care se realizează prin studiul structurilor disipative ne oferă, după Ilya Prigogine, informaţiile suplimentare, în ce priveşte mecanica, astfel încât ele se propun ca instrument potrivit de a opera acea alegere în cadrul condiţiilor iniţiale, despre care s-a amintit mai sus. De fapt, o dată fixată această distincţie, se descoperă că procesele ireversibile se implică toate, de la particulele elementare la evenimentele cosmologice şi că, departe de a fi fixată numai în conştiinţa noastră şi de a apărea, aşadar, ca un element de subiectivitate, direcţia săgeţii timpului este un aspect comun întregului univers. Astfel, se poate introduce expresia ***"univers al participării"*** pentru a sublinia că toate evenimentele sunt orientate în aceeaşi direcţie, adică vin dintr-un trecut comun şi se îndreaptă spre un viitor comun. Arbitrarietatea condiţiilor iniţiale, postulată atât de mecanica clasică cât şi de cea cuantică întâlneşte, în acest punct, o limită foarte precisă, ideea unui ***"univers al participării şi săgeata universală a timpului care derivă din ea ne permit, în realitate, să prohibim fenomene ca dispersii temporal inversate deoarece acestea ar distruge săgeata timpului şi, prin urmare, ar fi în contradicţie cu ideea mai sus amintită. Această restricţie înseamnă că natura nu poate fi manipulată după bunul nostru plac şi ne obligă să precizăm într-un mod riguros care sunt posibilităţile de manipulare ce ne sunt date nouă, cei care am apărut în lumea pe care o descriem. De aici derivă necesitatea unei noi noţiuni de obiectivitate, diferită de cea impusă în cadrul fizicii clasice care identifică cogniscibilul şi realul cu controlabilul, adică privilegiul caracterelor dominaţiei, ale manipulării şi previziunii până acolo încât ele coincideau cu definiţia însăşi a realităţii obiective. Această nouă noţiune îi arată omului că orice descriere este o comunicare şi că această comunicare este supusă unor restricţii foarte generale, datorate faptului că pentru o existenţă macroscopică situată în lumea fizică, nu este posibil să observe natura «din exterior», ca simplu spectator. După cum sublinia Niles Bohr, în ce priveşte fenomenele naturale, omul are dublul rol de actor şi de spectator şi din această cauză orice teorie a sa presupune definiţia posibilităţii de comunicare cu natura. În acest dublu rol trebuie să vedem o condiţie şi o limită foarte precise pentru situaţia generală a raportului om-natură: trebuie să înţelegem pe aceasta din urmă într-un asemenea mod încât să nu fie absurd să afirmăm că ea ne-a produs. Astfel, cercetarea ştiinţifică se vede supusă unor restricţii foarte precise. Pe de o parte, libertatea savantului este limitată de dialogul experimental cu sine însuşi, care îl împiedică să facă ceea ce îi pare normal, deoarece natura poate să-i infirme ipotezele sale cele mai seducătoare şi teoriile sale cele mai profunde. Pe de altă parte, ea se vede constrânsă de dualitatea generată de referinţa inevitabilă la punctul de vedere uman, ceea ce împiedică, construirea teoriilor despre mărimile definite ca neobservabile, adică a unui tip de comunicare şi dialog dintre natură şi cel care o descrie, recunoscut ca fiind imposibil. Această referinţă face ca ştiinţa să fie un asemenea sistem încât să***

producă descrieri care sunt expresia situației noastre în cadrul lumii fizice. Ca urmare a acestei stări de lucruri, cercetarea unui punct de vedere absolut poate fi declarată doar zadarnică şi iluzorie; nu există nici un centru al perspectivei situat în afara lumii, spațiul este ireductibil multiplu, inseparabil de structura care îl organizează, descrierile se fac în termenii unor evoluții regionale, unor ritmuri locale de dezvoltare, de diferențiere a spațiilor organizate pentru un anumit tip de comunicare, punându-se în relații spații disjuncte. Lumea încetează să fie omogenă, deoarece este lipsită de un centru referențial fix, de un punct de sprijin şi acest lucru ne obligă să admitem multiplicitatea ireductibilă a punctelor de vedere, necesitatea de a selecta cererile, de a alege condițiile înconjurătoare. Odată ales punctul de vedere, nu se mai pune problema de a face inteligibilă totalitatea lumii, ci, în schimb, este vorba de a stabili o relație coerentă între problema pusă, definițiile unităților, modalitatea de analiză. Aceasta program oferă posibilitatea unei noi concepții despre ştiință. Este imaginea unei ştiințe mobile şi deschise, care interacționează intens cu societatea şi care este stimulată tocmai de baza sa culturală şi socială. O ştiință care nu defineşte obiectivitatea sa prin idealul unui spectator absolut dar care ştie că tocmai în participarea sa la contextul istoric şi social se găseşte momentul originar al fiecărui adevăr. O ştiință care poate fi inventivă deoarece transformările sociale şi culturale reînoiesc şi schimbă problemele sale... O ştiință care inventează va fi o ştiință care prinde ocazia, care profită de o şansă teoretică pentru a pune o problemă pe care contextul cultural şi social o găseşte interesantă, pentru a încorpora în corpusul ştiințific o nouă dimensiune a realității, o dimensiune pe care cunoaşterea culturală nu o ignoră, totuşi" (Ilya Prigogine).

Aşadar, problema complexă subliniată de Ilya Progogine nu este numai aceea de a descrie metamorfoza conceptuală a ştiințelor naturii, ci şi aceea cu caracter practic operativ, de a evidenția cererile culturale care acționează şi influențează astăzi asupra cercetării ştiințifice în scopul de a favoriza o nouă înserare culturală şi socială a acesteia din urmă. Din acest punct de vedere, şcoala lui Ilya Prigogine consideră că ***tema ireversibilității fizice constituie un punct crucial în orice domeniu ştiințific, deoarece o ştiință care neagă ceea ce apare ca aspectul esențial al realității timpului este destinată să înghesuie în domeniul iluzoriului totalitatea experiențelor umane şi, prin urmare, să se înstrăineze de acestea***.

Tratarea interdisciplinară a problemelor protecției mediului. Ştiința a fost întotdeauna şi oriunde un răspuns eficient şi aproape exhaustiv la cerințele omului, bazat pe ipoteza că ştiința, oricare i-ar fi situația istorică într-o fază temporală dată, realizează, în cadrul în care acționează, tot ceea ce este concret posibil, în opoziție cu o alta, desigur mai puțin parțială şi unilaterală, precum că până acum ştiința nu a răspuns niciodată în mod corespunzător la nevoile autentice ale omului. Desigur, argumente se pot

aduce în favoarea oricăreia din cele două păreri opozante şi aceasta din cauza dualismului, benefic şi distructiv, al descoperirilor ştiinţifice.

Dar, ceea ce întăresc cercetările efectuate de Ilya Prigogine şi şcoala sa de la Bruxelles, conduc la două constatări majore:

1. Necesitatea abordării interdisciplinare în cercetările fenomenelor naturii pentru a se evidenţia multiple aspecte ale rezultatelor obţinute. "Noua alianţă" tocmai aceste aspecte vrea să le sublinieze.

2. Convingerea că mersul fenomenelor naturale este ireversibil. Dacă printr-o activitatea umană a fost distrus ceva, indiferent de măsurile luate ulterior, nu se mai poate ajunge la situaţia iniţială.

Revenind la tematica menţionată în titlul lucrării noastre şi continuând cu unele observaţii la programul M.A.B. lansat de UNESCO în 1971, pentru cercetarea multilaterală privind influenţa activităţii umane asupra mediului înconjurător, se poate sublinia că principala caracteristică a acestuia a fost că în cursul realizării programelor parţiale de cercetare s-a impus abordarea interdisciplinară. Aprecierea directivelor de dezvoltare alternativă a diferitelor teritorii este de neconceput pe baza unei abordări unilaterale, care ar simplifica problema dată. Aceasta însă nu înseamnă forţarea rigidă, neraţională a abordării interdisciplinare în condiţiile în care nu există premisele materiale sau pentru cadre de cercetători de acest gen. Problemele de cercetare zonală, în majoritatea cazurilor, se prezintă astfel încât se extind asupra domeniilor a numeroase discipline, dar diferitele discipline se leagă vag unele de altele. Cu toate acestea, în activitatea M.A.B., s-a conturat o tendinţă hotărâtă spre crearea unui mod de abordare într-adevăr interdisciplinară. De fapt, M.A.B., a asigurat un ***laborator experimental de dimensiuni mondiale*** pentru diferitele motivări, scopuri, modalităţi şi alternative ale abordării interdisciplinare ale problemelor de protecţia mediului înconjurător.

În derularea programului M.A.B. au fost conturate şi anumite neajunsuri care trebuie luate în considerare la orice cercetare interdisciplinară.

Dificultăţi cu caracter general. Principalele piedici la realizarea unui mod de abordare interdisciplinară constau în:

- ***Factori psihologici*** şi cei legaţi de persoane. Munca comună desfăşurată în grupele interdisciplinare presupune în mod inevitabil compromisuri şi acomodarea din partea participanţilor, compromisuri de care marea parte a cercetătorilor, cu o concepţie rigidă în privinţa libertăţii de cercetare, individualişti, nu sunt capabili. Spre deosebire de ei, cercetătorii cu spirit flexibil, convinşi de necesitatea binelui comun şi capabili să sintetizeze şi să generalizeze datele existente, în ciuda greutăţilor obiective, consideră că o colaborare interdisciplinară este stimulatoare şi productivă. Unii factori ai desfăşurării unei activităţi fructuoase ţin de sfera psihologiei de grup, a dinamicii grupurilor. Şi în cazul unui "team" interdisciplinar, foarte multe sunt în funcţie de efectivul numeric al grupului, de calităţile personale ale conducătorului şi de repartizarea răspunderilor în cadrul grupului.

- ***Contradicții de interese***. Structura internă rigidă a sistemelor existente manifestă o rezistență internă deosebit de puternică față de orice metodologie elastică. Concurența dintre oamenii de știință, respectiv interesele contradictorii ale cercetătorilor şi planificatorilor pun de asemenea probleme ce adesea par de nerezolvat.

- ***Considerente de carierism***. În majoritatea țărilor avansarea în posturi din universități este reglementată de norme care nu numai că nu ajută la dezvoltarea unei cercetări orientate pe probleme, ci au efecte în sens contrariu.

- ***Limite administrative***. Dezvoltarea cercetărilor interdisciplinare este frânată nu numai de faptul că structura organizatorică a universităților şi a institutelor de cercetări favorizează cercetările particulare, împărțite pe discipline; o piedică foarte serioasă o constituie şi faptul că sistemul de repartizare a fondurilor de cercetare urmează sistemul rigid fragmentat al structurilor administrative.

- ***Greutăți financiare***. Cercetările interdisciplinare sunt, în general, mai costisitoare decât cercetările tradiționale, legate de câte o singură disciplină.

- ***Greutăți semantice***. Înțelegerea reciprocă este o condiție indispensabilă în desfăşurarea activității unei comunități de cercetare interdisciplinară. Adesea se ivesc însă cele mai neaşteptate dificultăți. De exemplu, nu s-a reuşit încă să se ajungă la un consens nici în clarificarea semnificației unor noțiuni fundamentale cum ar fi sistemul ecologic.

- ***Calitate necorespunzătoare***. Activității de cercetare interdisciplinară i se aduc numeroase critici justificate. Într-adevăr, abordarea interdisciplinară impune cercetătorilor cerințe atât de multilaterale, încât este greu să se răspundă la toate.

Probleme cheie ale dezvoltării cercetărilor interdisciplinare. Problema cea mai serioasă o reprezintă ***realizarea raportului corespunzător între ştiințele naturii, ştiințele tehnice şi ştiințele sociale***. În acest domeniu se ivesc, în special, probleme de metodologie şi de semantică. Cealaltă problemă principală este ***coordonarea cercetărilor fundamentale şi a cercetărilor aplicate***. Alături de problemele organizatorice legate de structura instituțională, principalele greutăți în acest domeniu derivă din faptul că este extrem de greu să realizezi cointeresarea comună şi o motivare corespunzătoare a participanților.

Desigur, în funcție de particularitățile programelor concrete de cercetare interdisciplinară se ivesc probleme specifice în realizarea lor.

9.5. Căi şi mijloace de reducere a impactului negativ al substanțelor poluante cu mediul înconjurător

Aşa cum s-a specificat şi s-a demonstrat anterior, eliminarea completă a poluării nu este posibilă, întrucât aceasta presupune, în primul

rând, respectarea pragurilor naturale admisibile ale posibilității refacerii mediului înconjurător deteriorat de activitățile umane.

Pentru reducerea impactului negativ al activităților umane asupra mediului înconjurător se impun măsuri convergente, concretizate în evaluări justificate din punct de vedere ştiințific al efectului diversității de poluanți asupra componentelor mediului înconjurător, restricții legislative adecvate pentru exploatarea intensivă a mediului, măsuri economice de stimulare a activităților umane cu caracter ecologic, măsuri tehnice care să aibă la bază reducerea poluanților neasimilabili pe cale biologică, creşterea randamentelor activităților umane, procese de transformare a poluanților agresivi (nocivi) în poluanți producători de disconfort, măsuri cu caracter politico-social care să vizeze reducerea gradului de poluare a mediului înconjurător.

Desigur, protecția mediului fiind, aşa cum s-a specificat, o problemă globală a omenirii, poluarea fiind transfrontieră, restricțiile legislative trebuie armonizate între statele lumii prin Tratate şi Convenții internaționale, cât şi prin Legi adecvate cu caracter național, de protecție a mediului.

Astfel, în țara noastră, pe baza Documentelor adoptate de Conferința de la Stockholm din 1972, la 20 iunie 1973, fosta Mare Adunare Națională adoptă Legea nr.9/1973: "*Legea privind protecția mediului înconjurător*". Legea cuprinde 34 de articole în care sunt prevăzute măsuri pentru protecția aerului, prin interzicerea evacuării în atmosferă a substanțelor toxice, dăunătoare, peste limitele stabilite prin reglementările legale; protecția apei, prin desfăşurarea coordonată a acțiunilor necesare pentru conservarea, dezvoltarea şi valorificarea optimă a resurselor de apă, pe baza planurilor de amenajare a apelor din teritoriul țării; protecția aşezărilor omeneşti, într-un complex de măsuri tehnico-administrative privind rețelele de canalizare, stațiile de epurare a apelor uzate, circulația mijloacelor de transport, interzicerea producerii de zgomote cu intensitate peste limitele stabilite prin normele legale; protecția faunei terestre şi acvatice, prin măsuri speciale de conservare şi prin raționalizarea exploatării speciilor care formează obiectul unor interese economice şi ştiințifice; protecția pădurilor şi a altor forme de vegetație, prin corelarea volumului masei lemnoase ce se exploatează şi cotele normale prevăzute de amenajamentele silvice, reîmpădurirea suprafețelor exploatate, împădurirea suprafețelor care nu pot fi utilizate economic în alt mod; obligativitatea extinderii spațiilor verzi în interiorul şi în jurul localităților urbane şi rurale, în conformitate cu programele de sistematizare şi amenajare a lor; protecția solului, prin utilizarea rațională a terenurilor, precum şi a lucrărilor de zonare a terenurilor agricole şi silvice; protecția subsolului, prin exploatarea rațională a materiilor prime, ținând seama de programele anuale şi de perspectivă pentru dezvoltarea condițiilor de refacere a resurselor naturale regenerabile, de valorificarea superioară a materiilor prime extrase, exploatarea rațională a zăcămintelor şi adoptarea măsurilor de prevenire a degradării mediului înconjurător.

După Conferința din 1992, de la Rio de Janeiro, Legea nr. 9/1973 a fost modificată, fiind adoptată Legea nr. 137/1995 pentru protecția mediului,

fiind actualizate prevederile acesteia în conformitate cu noile Convenţii şi Tratate internaţionale.

Tabelul 9.1

Principalii poluanţi atmosferici şi concentraţiile maxime admisibile în România (ord. Ministrului Sănătăţii nr.623/dec.1973)

Clasa poluanţilor	Poluant	c. m. a. [mg/m3]	Clasa poluanţilor	Poluant	c. m. a. [mg/m3]
Combinaţii ale sulfului	SO_2	0,75	Combinaţii ale azotului	NO	-
	SO_3	-		NO_2	0,3
	H_2S	0,03		N_2O	-
	CS_2	0,03		NH_3	0,1
Combinaţii organice	CO	6,0	Combinaţii ale clorului	Cl_2	0,3
	CCl_4	3,0		HCl	0,3
	Metanol	3,0	Pulberi de:	Funingine	0,15
	Piridină	0,15		Fluor şi compuşi de fluor	0,02
	Formal-dehidă	0,03		Arsen şi compuşi de arsen	0,03
	Fenol	0,1		Mercur	-
	Furfurol	0,15		Sedimenta-bile (netoxice)	0,5
	Difenil-oxid	0,01			
	Dietil-amină	0,05			
	Benzen	2,4			

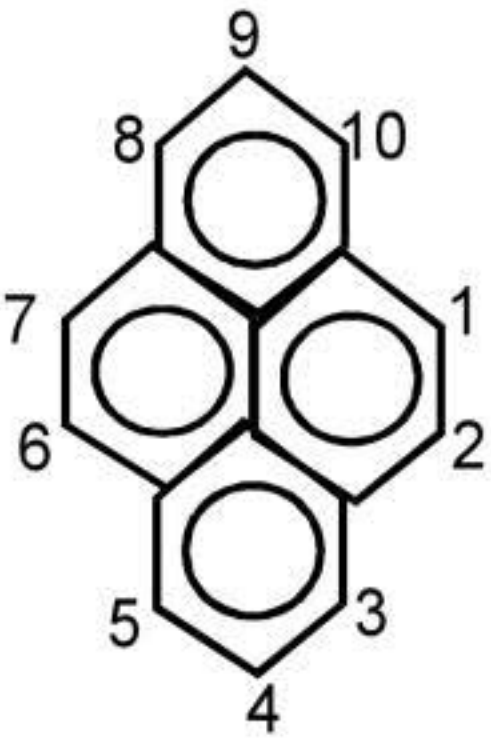
Dar, pentru a preciza unele **c**ăi şi mijloace de reducere a impactului negativ al substanţelor poluante cu mediul înconjurător, vom pleca de la aceeaşi observaţie a lui Edouard Bonnefous că ***"Poluarea este preţul progresului tehnic şi industrial, ca şi al exploziei urbane"***, luată în considerare şi la explicare factorilor care influenţează degradarea mediului. De asemenea, vom avea în vedere mediile de manifestare a poluanţilor: în atmosferă, în apă şi sol.

Căi şi mijloace de reducere a poluării atmosferice. În primul rând, pentru a se proceda la reducerea gradului de poluare atmosferică, s-au stabilit unele norme de igienă privind ***concentraţiile maxime admisibile*** (***c. m. a***) pentru poluanţii atmosferici, tabelul 9.1.

Dar, concentraţiile maxime admisibile ale poluanţilor se stabilesc în funcţie de efectul acestora asupra sănătăţii umane. Astfel, teoria carcinogenezei chimice este una din cele mai discutate probleme legată de transformarea metabolică. De exemplu, o serie de substanţe din categoria poluanţilor atmosferici pot fi direct cancerigene sau dau naştere la substanţe cancerigene prin transformare metabolică. De exemplu, o serie de substanţe

chimice liposolubile traversează membrana celulară ce conține lipide şi proteine. Celula recunoaşte substanța chimică ca pe un produs străin şi încearcă să-l elimine (la animalele superioare pe cale biliară sau urinară sub formă hidrosolubilă).

În procesul acesta de detoxilificare la nivel celular apar produşi intermediari, adesea radicali electrofili cu reactivitate mare, care reacționează cu acizii nucleici din nucleul celulei producând mutații. Celulele afectate încep multiplicarea dezordonată.



Pentru a clarifica modul de acțiune al substanțelor cancerigene va trebui înțelese particularitățile de structură electronică ale acestor molecule, evidențiate de chimia-fizică. Astfel, s-au consemnat date despre efecte cancerigene la 3,4 benz-piren şi dibenz-piren. Aceştia sunt derivați ai pirenului şi fac parte din clasa hidrocarburilor aromatice polinucleare.

Pirenul este o hidrocarbură cu patru nuclee aromatice condensate, cu structură plană. Cei 14 electroni π ai moleculei sunt delocalizați, adică aparțin tuturor centrelor atomice ale moleculei. Această particularitate a structurii electronice generează caracterul chimic specific substanței. Delocalizarea electronilor π este pusă în evidență prin "curentul de inel" din determinarea experimentală a momentului de dipol, a anizotropiei susceptibilității diamagnetice a spectrului de rezonanță magnetică nucleară RMN, prin obținerea unor combinații intermoleculare în care pirenul se comportă ca un donor de electroni π. [Spectrul RMN este o metodă modernă şi eficientă de studiu structural]. Din calcule de chimie cuantică se poate prevedea reactivitatea cu ajutorul unor indici de reactivitate care se calculează pentru diversele poziții din moleculă şi totalizează în diagrama moleculară.

Comportarea pirenului şi dimetilpirenului poate fi explicată numai pe baza caracterului de donor de electroni π, pe care l-am consemnat anterior. Molecula plană de piren se poate însera între două părți ale biomoleculei purtătoare de informație, AND, între care una cedează, iar alta primeşte electroni. În cazul 3,4 benz-pirenului şi dibenzpirenului, substanțe cancerigene, frecvent întâlnite între poluanții atmosferici, conform informațiilor despre structura şi reactivitatea pirenului se presupune că acestea suferă "in vivo" anumite tipuri de reacții în poziții preferențiale. Astfel, introdus în organism 3,4 benz-pirenul suferă o serie de reacții de oxidare şi hidroliză, în final ajungându-se la un cation electrofil în poziția 10 din nucleul pirenic de bază, care este capabil să atace centrii activi din moleculele acizilor nucleici producând mutații[10].

---

[10] M. Barnea, *Factorii de mediu şi profilaxia contra cancerului*. Editura Medicală, Bucureşti, 1983.

O contribuție însemnată la poluarea atmosferică o prezintă emanațiile gazoase rezultate de la autoturisme. Parcul mondial de autoturisme a crescut de la circa 50 de milioane, în perioada imediat postbelică, la peste 400 milioane în prezent, din care circa 145 milioane în SUA. Rata medie anuală de creştere a cumpărătorilor de maşini mici proprietate personală a scăzut de la 5% în anii '70, la 3% la începutul anilor '90, din cauza unui proces de saturare a pieței în țările puternic industrializate, care contribuie cu peste 80% la parcul mondial de automobile. Se estimează însă că, chiar în aceste condiții, în fiecare an, parcul de automobile se măreşte cu circa 19 milioane de automobile. Dar, aşa cum s-a mai specificat, şi aici intervin diferențieri deosebit de mari. De fapt, se observă că peste 36% din parcul mondial de automobile se găseşte în SUA.

Tabelul 9.2

Poluarea atmosferică într-o zonă urbană din cauza transportului în comun

Mod de transport	Emisii poluante (g/100 km-pasager)		
	Hidrocarburi	CO	Oxizi de azot
Trenuri rapide	0,2	1	30
Troleibuze	0,2	2	43
Autobuze	12	189	95
Microbuze pline	22	150	24
Autoturisme pline	43	311	43
Autoturisme: 1 persoană	130	934	126

Aceste diferențieri trebuie avute în vedere întrucât ele reflectă impactul pe care îl are transportul public asupra mediului înconjurător. Evaluările făcute asupra consumului energetic pentru transportul pasagerilor arată că un tren rapid suburban format din două vagoane, care transportă 55 pasageri, necesită aproximativ 675 kJ pe pasager şi kilometru; un autobuz destinat transportului urban care are 45 de pasageri consumă 728 kJ pentru fiecare pasager şi kilometru; un automobil care transportă 4 pasageri consumă 1203 kJ pe pasager şi kilometru. Prin contrast, în cazul unui automobil cu o singură persoană, consumul de energie este de 4832 kJ pentru fiecare kilometru parcurs.

Dar, prezentarea datelor privind emisiile de gaze poluante prin folosirea transportului în comun este şi mai importantă, tabelul 9.2.

Întrucât trenurile de metrou şi tramvaiele sunt acționate electric, poluarea atmosferică se face nu de către autovehicule, ci de către centralele electrice care produc energia electrică.

Însă, dacă adâncim şi mai mult analiza discrepanțelor, vom ajunge la constatarea că ***peste un miliard de locuitori ai planetei călătoresc pe jos***, cu foarte puține excepții, când pot folosii măgarii sau autobuzele. Mulți dintre ei nu reuşesc să se depărteze de locul naşterii mai mult de 100 de kilometri. Lipsa mijloacelor de transport devine astfel un handicap sever

pentru aceşti oameni în a-şi găsi de lucru, a frecventa şcoli sau a-şi face cunoscute necazurile lor în fața celor care guvernează.

Tabelul 9.3

Efectele noxelor emise de automobile asupra sănătății umane

Poluantul	Efectul
Monoxidul de carbon	Reduce capacitatea sângelui de a absorbi oxigenul, ceea ce diminuează percepția şi gândirea. Încetineşte reflexele, cauzează moleşeală, pierderea conştiinței şi moartea; la femei gravide poate împiedica creşterea fătului şi dezvoltarea lui mintală.
Plumbul	Afectează sistemul circulator, de reproducere, nervos, ca şi rinichii, provocând hipertoxicitate şi scăderea randamentului intelectual al copiilor, efectele sunt mai accentuate în cazul oaselor şi țesuturilor.
Oxizii de azot	Pot mări sensibilitatea la infecțiile virale (gripa, de exemplu), irită plămânii şi cauzează bronşite şi pneumonii.
Ozonul	Irită membranele mucoase ale sistemului respirator, cauzează tuse, sufocare, funcționare scăzută (diminuată) a plămânilor, reduce rezistența la răceală şi pneumonii; poate agrava bolile cronice ale lumii, astmul, bronşita, emfizemul.
Emanațiile toxice	Suspecte de apariția cancerului, a problemelor de reproducere şi a defectelor din naştere. Benzenul este un binecunoscut agent cancerigen.

Cei peste 3,5 miliarde de locuitori ai Terrei ce alcătuiesc masiva clasă de mijloc a lumii, călătoresc cu bicicleta sau cu autobuzul. Pentru fiecare kilometru parcurs, bicicletele sunt mai ieftine decât oricare alt vehicul şi nu necesită combustibil. În țările din Lumea a Treia, costul unei biciclete este mai mic decât 100 de dolari. Clasa proprietarilor de automobile este relativ mică: ***numai 8% dintre locuitorii planetei, respectiv circa 480 milioane de oameni, sunt posesori de automobile. Toate aceste maşini produc 13% din emisiile de dioxid de carbon rezultate prin arderea combustibililor fosili în întreaga lume***, contribuind astfel la poluarea atmosferei, la ploile acide şi, respectiv, la un sfert de milion de accidente mortale în fiecare an.

Aşa cum s-a menționat, privilegiați ca posesori ai automobilelor sunt locuitorii SUA, unde ***o cincime din familiile americane dețin trei sau mai multe maşini, mai mult de jumătate dețin cel puțin două, iar 65% din casele noi americane se construiesc cu garaje pentru două maşini***. Astăzi, ***americanii angajați în câmpul muncii petrec la volan circa 9 ore pe săptămână***. Pentru a face aceste maşini mai confortabile, ***90% din cele nou-produse au aer condiționat, dublând astfel contribuția lor la***

schimbarea climatului şi la poluarea atmosferei cu noi emisii de clorofluorocarburi dăunătoare stratului de ozon.

De ce aceste evaluări ? Întrucât s-a constatat, pe baza cercetărilor în domeniu, efectul foarte nociv al gazelor emanate de la automobile, indiferent de combustia acestora, tabelul 9.3.

Noxele emanate de automobile au loc în centre aglomerate şi ca atare sunt inhalate direct de populația umană din colectivitatea respectivă. De aceea, se preferă mijloacele de transport cu tracțiune electrică, nu pentru că sunt mai puțin poluante global, ci local, deplasând poluarea din centrele aglomerate, în afara acestora, mai uşor de neutralizat acțiunea nocivă a lor.

În cazul transportului auto, eliminarea sau reducerea difuzării în mediu a substanțelor poluante se face prin reducerea sau chiar eliminarea emiterii acestora de la sursele respective.

Începutul a fost făcut prin trecerea taxiurilor de la motoarele pe motorină la motoarele pe benzină, mai puțin poluante. S-a trecut apoi la soluții tehnice noi, marcate de utilizarea convertizoarelor catalitice care au redus monoxidul de carbon şi componenții organici volatili, dar au crescut nivelul de oxizi de nitrogen. Catalizatorii tripli pot, de asemenea, să elimine oxizii de nitrogen, dar atunci scade eficiența motorului, cu consecința creşterii emanației de dioxid de carbon.

Un efect favorabil depoluării, mai pronunțat, se speră a se obține prin schimbarea motorului pe motorină sau benzină, cu celule de combustie, care poate fi adaptată pentru a produce electricitate din hidrogen, degajând mai puțin carbon.

În poluarea atmosferică a centrelor populate, un factor important îl prezintă poluarea casnică, ca rezultat al activităților menajere, la a căror realizare se foloseşte arderea combustibililor. Arderea combustibililor (substanțe ce conțin carbon, utilizate pentru ardere) evacuează în atmosferă două tipuri de poluanți: produşi de combustie incompletă şi impurități necombustibile.

Arderea carbonului se produce conform reacției:

$$C + O_2 = CO_2 + 9400\ kcal/kg \text{ sau,}$$
$$Q = 39124{,}8\ kJ/kg$$

sau, în deficit de oxigen, conform reacției:

$$C + (1/2).O_2 = CO + 2410\ kcal/kg \text{ sau,}$$
$$Q = 10073{,}8\ kJ/kg$$

Rezultă că în cazul arderii incomplete a carbonului se produce monoxid de carbon, o substanță extrem de toxică, iar în cazul arderii complete dioxid de carbon.

Însă, problemele dificile de poluare apar la sursele casnice din cauza produselor de ardere incopletă adică oxid de carbon şi deşeuri de combustie. Deşeurile de combustie sunt: combustibil nears, funingine, impurități din combustibil, hidrocarburi aromatice cu cicluri condensate de tip 3,4-benzpirenului (substanțe aflate în concentrații de ordinul 0,1 mg/m^3, dar periculoase prin faptul că se acumulează în organism şi au proprietăți

cancerigene). În instalațiile de ardere moderne producerea oxidului de carbon este evitată printr-un tiraj adecvat al aerului, iar deşeurile de combustie (care micşorează eficiența energetică a procesului) se reduc la minimum prin menținerea unei temperaturi ridicate (700-800 C^0) în volumul camerei de ardere, ca rezultat al bunei corelări între aprovizionarea cu combustibil şi admisia aerului, ambele realizate în flux continuu.

Cantitatea impurităților din combustibil este maximă în cărbunele de pământ şi minimă în combustibilii lichizi şi gazoşi. O parte din aceste impurități se oxidează şi formează acizi, baze, săruri (cloruri, fluoruri, sulfați) în timp ce impuritățile necombustibile se concentrează în zgură, cenuşă sau se antrenează prin coşul de evacuare al fumului.

Fumul este, deci, un amestec de substanțe diluate în aerul cald: vapori de apă, praf de cărbune, hidrocarburi şi impurități existente în combustibil ("cenuşa zburătoare" – cu particule de dimensiuni submicronice).

Dintre impuritățile prezente în combustibil, un rol deosebit în poluare revine sulfului, aflat în procente de 0,5-6% în cărbunii de pământ şi între 0,1-4% în petrol. În prezența oxigenului în camerele de combustie, din sulf se formează dioxid de sulf:

$$S + O_2 = SO_2$$

şi în măsură foarte redusă, cam 1-3% din SO_2 trece în trioxid de sulf, SO_3, printr-un proces de oxidare favorizat de aerosolii ionilor metalici de aluminiu, vanadiu sau fier:

$$SO_2 + \frac{1}{2}O_2 \xrightarrow{catalizator} SO_3$$

Trioxidul de sulf, în prezența vaporilor de apă, formează acid sulfuric, substanță extrem de corozivă. Pentru a-l neutraliza în instalațiile de ardere se utilizează săruri de amoniu, oxid de magneziu, dolomită.

În unele sorturi de cărbune sau minereuri apar compuşi de arsen care pot elibera prin ardere particule de arsen metalic şi oxid de arsen; în alte sorturi apar, în cantități foarte mici, compuşi ai fluorului.

La temperaturile realizate în camerele de ardere se pot forma oxizi de azot care, apoi, la evacuarea gazelor fierbinți în atmosferă, se combină cu vaporii de apă şi generează acid azotic conform succesiunii de reacții:

$$N_2 + (1/2)O_2 \rightarrow 2\,NO$$
$$NO + (1/2)O_2 \rightarrow NO_2$$
$$3NO_2 + HOH \rightarrow 2\,HNO_3 + NO$$

Având în vedere aceste precizări suplimentare (în plus față de cele anterioare), reducerea efectelor poluării atmosferice se poate face, luându-se în considerare următoarele recomandări:

1) exploatarea rațională a instalațiilor tehnologice selecționate pentru o anumită producție ca fiind cele mai puțin poluante;
2) recuperarea şi valorificarea substanțelor reziduale utilizabile;
3) amplasarea surselor de poluare, atunci când este posibil, într-o anumită ambianță geoclimatică;

4) adoptarea de sisteme şi mijloace de transport cât mai puțin poluante.

În combaterea poluării atmosferice se porneşte de la principiul că *"maximul se poate realiza la sursă"*. Aceasta, în sensul că reducerea evacuărilor de poluanți şi a pierderilor de la sursă sunt în acelaşi timp măsuri preventive, de limitare a poluării aerului şi măsuri care vizează valorificarea integrală a materiilor prime. Reținerea substanțelor reziduale pentru valorificarea complexă a materiei prime este şi mult mai uşor de realizat decât după ce acestea s-au ejectat în atmosferă.

Pentru a realiza o producție cu poluare redusă şi neagresivă există mai multe posibilități:

- alegerea sau pregătirea unor materii prime fără impurități;
- îmbunătățirea arderii combustibililor;
- ermetizarea instalațiilor în care se desfăşoară procese de producție generatoare de pulberi şi gaze;
- dirijarea pulberilor şi gazelor spre instalațiile de epurare.

Desigur, aceste prevederi generale, concretizate în activități inițiale, premergătoare desfăşurării proceselor tehnologice, impun o anteprelucrare a materiei prime şi combustibililor reținând sulful, cenuşa, alte substanțe minerale De exemplu, minereurile şi combustibilii fosili sub formă de cărbune trebuie spălați de impurități, pentru a fi utilizați în producerea energiei în diverse focare industriale şi tehnologice.

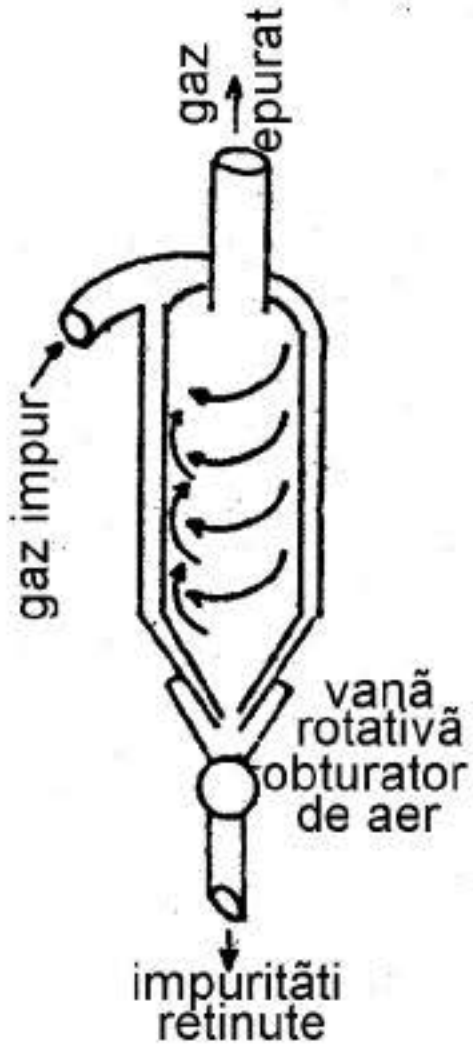


Fig.9.1. Ciclon

Pentru combaterea poluării provocate de arderile incomplete acțiunea de bază constă în îmbunătățirea arderii, pentru a se putea atinge raportul aer/combustibil corespunzător unei arderi avansate prin reglarea timpului arderii, a temperaturii şi a debitului de aer de ardere.

În ultimul timp, folosirea de catalizatori în procesul de ardere (spirale de aliaje cu platină, nichel sau crom) şi arderea în pat catalitic au permis scăderea temperaturii de ardere şi prelungirea duratei de utilizare a pereților cuptoarelor de combustie.

În cazul gazelor, care nu se pot epura decât cu mari cheltuieli, unul din procedeele de reducere a efectului poluant local, utilizat în industria termoenergetică, în industria acidului sulfuric, azotic ca şi în industria cimentului, este evacuarea prin coşuri înalte. Se constată că concentrația gazelor revenite la sol c_{grs} poate fi determinată cu expresia:

$$c_{grs} = \frac{ct}{I^4}$$

unde **I** reprezintă înălțimea de evacuare şi **ct** – constantă.

Epurarea gazelor, adică reținerea impurităților din gazele evacuate în atmosferă este desigur o metodă de mare eficiență în prevenirea poluării atmosferice.

În proiectarea şi realizarea instalațiilor de epurare se au în vedere o serie de legi generale şi particularitățile fiecărei surse de poluare. Se iau în considerare:

- proprietățile gazului purtător (presiune, temperatură, debit, umiditate, compoziție, reactivitate, toxicitate);
- proprietățile impurităților din gaze (natură, compoziție, concentrație, reactivitate, capacitate de absorbție, solubilitate, conductibilitate electrică). Pentru epurarea particulelor solide se utilizează o serie de procese fizice: sedimentarea, filtrarea (mecanică, electrostatică) reținerea sonică etc.

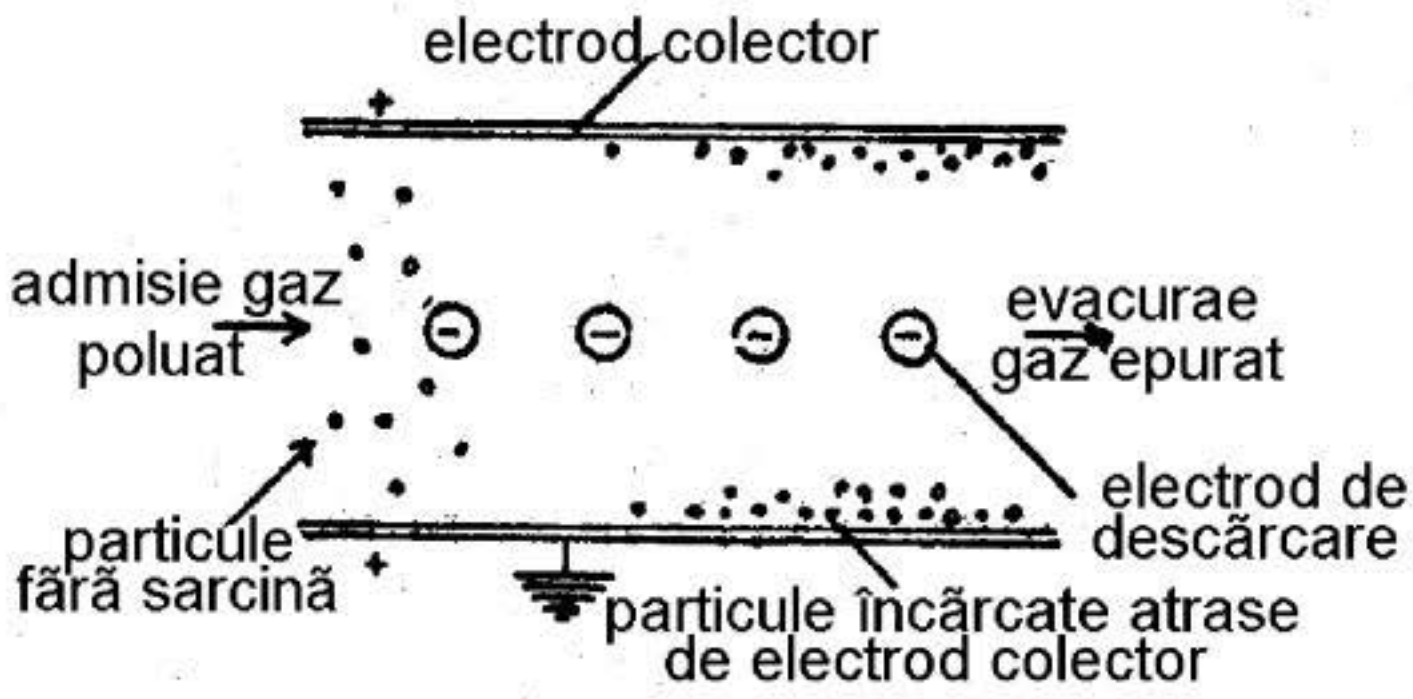


Fig.9.2. Schema unui electrofiltru

Pentru a se favoriza depunerea particulelor se procedează la reducerea curentului de gaz (sub 3-4 m/s) prin modificarea secțiunii conductelor şi prin plasarea unor obstacole verticale sau plăci orizontale în tubul de curgere. Introducerea unor suprafețe metalice în calea curentului de gaz are ca efect micşorarea prin impact a vitezei particulelor antrenate de gaz.

Aceste particule se depun pe suprafața metalică, iar moleculele gazului care l-a antrenat îşi continuă drumul în stare mai purificată. Modificând forma suprafeței de impact şi mişcarea dată moleculelor gazului, prin alegerea adecvată a valvelor de ghidaj, se ajunge la sistemul centrifugal de epurare cunoscut sub numele de ***ciclon***, figura 10.1.

Particulele se depun pe partea tronconică a dispozitivului care este detaşabilă, deci, impuritățile se pot colecta şi îndepărta. Procentul de epurare este minim pentru particulele de 1÷2 μm şi maxim pentru particulele de mărime superioară lui 20 μm.

Creşterea gradului de reținere a particulelor se realizează prin aşezarea în succesiune a unor cicloane uscate şi umede. În cazul ciclonului umed, pe pereții cilindrului se scurge un lichid care uşurează reținerea particulelor ce impurifică gazul, acestea fiind antrenate la partea de jos ca un lichid vâscos, de aspect noroios.

Un sistem de epurare şi mai complex corespunde separatorului de pulberi cu curent de aer, în care se combină principiul impactului, al inerției şi mişcării centrifugale, iar forma obstacolelor este foarte variată: jaluzele, grile, inele conice concentrice etc.

Pentru epurarea particulelor micronice şi submicronice se utilizează procedee care au la bază filtrarea, absorbția şi procedeele chimice bazate pe spălarea cu soluții reactive.

Natura filtrelor este diversificată, filtrele fiind saci confecționați fie din țesături textile (nylon, lână, bumbac, hârtie) asbest, silicon, fie din țesături grafitizate sau straturi filtrante din granule de material ceramic etc. Când filtrele se îmbâcsesc (adică se colmatează) trebuie asigurată curățirea lor prin diverse procedee, pentru că îngreunează gazele şi provoacă mărirea rezistenței de curgere pentru circulația acestora.

Electrofiltrarea (figura 9.2) utilizează încărcarea electrică a particulelor dintr-u curent de gaze prin intermediul unui electrod (sub formă de vergea) conectat la o sursă de înaltă tensiune ($10^4 \div 10^5$ V şi 20÷400 mA) şi depunerea lor pe electrodul de colectare (sub formă de placă) situat la partea inferioară a electrofiltrului. Eficiența de reținere a particulelor la dimensiuni micronice este superioară filtrajului obişnuit (90÷99%) şi anume este cuprinsă între 98÷99,9% cu asigurarea unui randament de 100 000 m^3/min la temperaturi mari ale gazelor. Factorul temperatură ridicată este un impediment în funcționarea filtrelor mecanice. Procedeele de epurare bazate pe electrofiltrare se utilizează la reținerea cenuşii, a prafurilor metalice în industria minieră a cimentului etc.

Procedeele de epurare care utilizează spălarea au în vedere atât proprietățile de solubilitate ale impurităților în lichidul de spălare, cât şi cele de sorbție, şi reacțiile chimice probabile între lichidul de spălare, tipul de impurități şi gazul purtător.

Astfel, pentru spălarea dioxidului de sulf, a hidrogenului sulfurat şi dioxidului de carbon, se pulverizează sub formă de ploaie fină ape alcaline în contracurent cu gazele care se deplasează de jos în sus în camera de spălare.

Procedeele bazate pe adsorbție sunt şi ele frecvent utilizate pentru epurarea gazelor, prin trecerea peste straturi adsorbante: de cărbune activat, silicagel, site moleculare.

Epurarea poluanților gazoşi este din ce în ce mai importantă în legătură cu procedeele de recuperare şi valorificare integrală a materiei prime. Pentru automobile, care deversează circa 13% din poluanții gazoşi,

se recomandă dotarea acestora cu dispozitive electronice care să regleze admisia combustibilului în funcție de regimul de lucru al motorului. De asemenea, se urmăreşte oxidarea mai avansate a gazelor după combustie şi schimbarea modului de alimentare cu combustibil.

Desigur, toate aceste recomandări, precum şi altele reclamă costuri adecvate de exploatare a lor şi creşterea generală a costurilor de producție, de multe ori mai mult decât dublu, fapt ce face ca unele din acestea să nu poată fi încă utilizate.

Reducerea gradului de poluare a apelor. Posibilitatea unei substanțe de a persista în ape şi a deveni poluant se bazează pe proprietățile fizice, chimice şi rezistența de îndepărtare a ei prin mecanisme fizice, chimice şi biochimice şi pe toxicitatea față de microorganismele, plantele şi viețuitoarele din mediul acvatic.

Poluanții prezenți în ape sub formă de suspensii sau soluții multicomponente se pot încadra în următoarele categorii mai importante: substanțe organice; reziduuri biologie; substanțe anorganice; substanțe radioactive; produse petroliere; microorganisme patogene; ape fierbinți.

În raport cu categoria de poluanți existenți în ape, există mai multe metode şi procedee de reducere a gradului de poluare a apelor, grupate după anumite principii proprii, ca şi poluanții.

Primul grup de metode şi procedee se caracterizează printr-o manieră de conducere preventivă a protecției mediului acvatic de poluare şi include toate metodele şi procedeele care urmăresc limitarea evacuării de reziduuri în ape.

Încă în faza de proiectare a instalațiilor industriale, de transport, edilitare etc., trebuie adoptată o concepție care să corespundă unei maniere de protecție a apelor, prin prevederea instalațiilor de epurare a apelor industriale evacuate din procesele tehnologice.

Reziduurile solide, în special a substanțelor de mare toxicitate, vor trebui evacuate nu prin procedee umede, ci pot fi aspirate şi evacuate la halde sau crematorii pentru neutralizare.

Se caută reducerea consumului de apă în industrie prin recircularea ei când este folosită ca agent de răcire, după principiul utilizat la răcirea mijloacelor de transport; reintroducerea în sistem a apei utilizate ca solvent, după corectarea adecvată a calității. Acest gen de măsuri conduc concomitent la reducerea cheltuielilor de producție şi a poluării apelor, dovedindu-se rentabile în unități industriale de mare capacitate.

Recuperarea substanțelor utile din apele industriale uzate este, de asemenea, o direcție care trebuie să constituie o preocupare permanentă încă din faza de proiectare, necesitând conlucrarea tehnologului de proces, cu specialistul în protecția calității apelor. Astfel, la fabricarea polimerilor vinilici este indicată recuperarea mercurului, folosit drept catalizator, din apele industriale, pentru a preveni urmările nefaste ale deversării acestor ape în emisar şi pentru înlăturarea pierderilor de catalizator. Prima motivație ar putea dicta doar aplicarea unui procedeu clasic de epurare, dar rezultanta compunerii cu cea de a doua motivație, de ordin economic, este aplicabilă pentru recuperare şi deci

reducerea corespunzătoare a cheltuielilor de producție. Această orientare spre recuperare este una din cauzele diversificării producției industriale în marile combinate. Se tinde spre valorificarea superioară a produselor recuperate.

Alt procedeu care corespunde conduitei preventive se referă la proiectarea edilitară. Aceasta stabileşte zone de protecție sanitară (în care sunt interzise evacuări de ape poluate) pentru sursele naturale de apă potabilă, iar în proiectarea sistemelor de canalizare se separă canalizarea pentru apele pluviale şi menajere. În ceea ce priveşte canalizarea pentru apele industriale se pun probleme complicate cum ar fi: separarea rețelelor de canalizare în funcție de poluanți; îmbunătățirea sistemelor de evacuare în emisar în funcție de natura acestuia: râu (cu debit mare sau mic), lac, mare; stocarea apelor uzate şi evacuarea lor rațională; desființarea efluenților cu concentrații mari în substanțe toxice, fie prin trecerea prin incineratoare, fie prin evacuarea în subteran într-un spațiu etanş (condiție greu de realizat pe termen lung). Acest ultim procedeu a fost folosit după 1960 la noi în țară în varianta reinjectării în strat, pentru menținerea presiunii necesare exploatării sondelor, a apelor sărate extrase din zăcăminte împreună cu țițeiul.

Un al doilea grup de metode şi procedee are în vedere diferitele metode şi procedee de epurare a apelor uzate.

Apele uzate trebuie să fie supuse unor tratamente prin care să se înlăture încărcarea lor cu poluanți până la o limită (numită ***grad de epurare necesar*** – procentul de reducere a poluanților din efluent), care să nu stânjenească utilizările pe care apele respective le pot căpăta în stare naturală.

Aceste tratamente sunt cuprinse sub denumirea generală de ***epurare***. Cerințele pe care trebuie să le satisfacă instalațiile de epurare se referă la eficiența maximă în exploatare, gabarit redus şi costuri de investiție şi exploatare minime.

Epurarea cuprinde o succesiune de procese fizice şi chimice, biologice şi fizico-chimice necesare pentru înlăturarea diferitelor categorii de poluanți. Astfel, poluanții aflați în suspensie se separă prin sedimentare, cei emulsionați sau dizolvați prin intermediul unui reactiv adecvat, pe cale chimică. Poluanții organici sunt mineralizați de către microorganisme pe cale biologică. O serie de substanțe din categoria detergenților şi pesticidelor nu pot fi modificate şi eliminate nici pe această cale, necesitând aplicarea intensivă a unor procese fizico-chimice de separare (adsorbție, spumare, electrodializă etc.).

Pentru distrugerea germenilor patogeni se mai include operația de dezinfecție prin tratare cu clor sau ozon.

Perfecționarea metodelor de epurare şi aplicarea lor consecventă este modalitatea principală de asigurare a echilibrului între om şi mediu.

Reducerea gradului de poluare a solului. Principalii poluanți ai solului sunt deşeurile şi reziduurile care au o proveniență foarte variată: ***Industria minieră*** (steril ce se depozitează în halde cu conținut variat de metale şi nemetale); ***Industria metalurgică*** (cenuşă care conține urme de:

Cu, Zn, Cd, Pb, SO_2, As, în zgură de furnal); ***Industria cimentului şi materialelor de construcţii*** (praf de ciment, deşeuri de var, oxizi de fier); ***Industria termoenergetică*** (cenuşă); ***Industria chimică*** (deşeuri de sulfură de calciu de la fabricarea sodei prin procedeul Leblanc, cenuşi negre de la fabricarea acidului sulfuric); ***Deşeuri menajere urbane*** (cu o structură foarte variată).

Un alt factor major care are influenţă negativă asupra solului este despădurirea. Referindu-se la acest aspect, Jean Dorst[11] sublinia că distrugerea solului s-a făcut ***"prin fier şi foc"***. Despăduririle masive făcute în evul mediu şi continuate actualmente pun existenţa vieţii pe Terra în pericol.

Deturnarea destinaţiei naturale a solului constituie, de asemenea, un factor important de degradare a acestuia. Avem în vedere impactul produs de activităţile militare asupra mediului ambiant în general şi de scoatere a întinse suprafeţe de sol din destinaţia normală. Deşi cele mai multe date în acest domeniu se consideră secrete, publicaţiile ecologice prezintă multe exemple în acest sens.

În primul rând câteva date privind suprafeţele de teren folosite de armate pentru scopuri proprii.

În SUA, de exemplu, Departamentul Apărării deţine direct 100 000 km^2 şi închiriază de la alte agenţii federale o suprafaţă totală de 80 000 km^2. În acelaşi timp, complexul tehnologic destinat producerii armelor nucleare, care este subordonat Departamentului Energiei al SUA, se întinde pe o suprafaţă de 10 000 km^2. Deci, o suprafaţă de peste 200 000 km^2, respectiv 25% din teritoriul SUA, este destinată scopurilor militare.

Fosta URSS destinase activităţilor militare, de asemenea, suprafeţe imense de teren. Astfel, circa 200 000 km^2 sunt destinaţi scopurilor militare în Kazakhstan, o suprafaţă mai mare decât cea destinată cultivării grâului.

Folosirea directă a terenului pentru activităţi militare în Europa de Vest este estimată între 1 şi 3% din suprafaţa totală de pământ.

La aceste suprafeţe trebuie adăugate cele folosite ilegal prin diverse campanii militare directe din Vietnam, Golful Piersic, Jugoslavia, Afganistan şi multe altele indirect prin livrarea de armament în care îşi testează noile mijloace de distrugere a speciei umane. Submarinele şi navele militare brăzdează toate apele lumii, utilizându-le, de asemenea, pentru scopuri militare.

În tabelul 9.4 se prezintă şi consumul energetic al armatelor SUA şi URSS în 1987, folosit numai pentru activităţi normale de instrucţie. După cum se observă, principalii consumatori sunt avioanele militare, pentru care s-au făcut şi estimări privind emisiile poluante ale acestora.

Sectorul militar are un impact şi mai mare asupra consumului de minerale necombustibile, precum şi de alte materiale, deversate în final în natură ca deşeuri.

Fonta şi oţelul sunt materiale de bază tradiţionale pentru fabricarea oricărei maşini militare. În mod curent, circa 9% din consumul global de fontă,

---

[11] Jean Dorst, *Înainte ca natura să moară*, Editura Ştiinţifică, Bucureşti, 1970

adică aproape 60 de milioane tone revine obiectivelor militare în SUA şi fosta URSS. Construcția şi amplasarea unei singure rachete balistice intercontinentale – care să poată fi lansată de la sol, de la o bază mobilă – necesită: 4450 tone de oțel, 1200 tone de ciment, 50 tone de aluminiu, 12,5 tone de crom, 750 kg de titan şi 120 kg de heliu. Cele două superputeri militare controlau în 1987 aproape 2400 de rachete care se lansează de la sol şi 1600 de rachete care se lansează de pe mare.

Tabelul 9.4

Consumurile petroliere ale armatelor SUA şi fostei URSS în 1987

Produse petroliere	SUA		Fosta URSS	
	Consum militar ($x10^6$ tone)	% din consumul total	Consum militar ($x10^6$ tone)	% din consumul total
Carburant reactor	18,6	26,9	11,8	33,9
Carburant Diesel	4,4	3,0	3,8	4,9
Reziduuri	0,5	0,9	-	-
Benzină	0,7	0,4	0,3	0,4
Alte produse[1]	0,7	0,4	0,3	0,4
Total	28,1[2]	3,4	17,4[3]	3,9

[1)]Se includ: lubrifianți, unsoarea consistentă, produsele rafinate şi gazul de rafinărie.
[2)]Se includ: 3,6 milioane tone cumpărate pentru rezervă, iar restul consumul în străinătate al armatei americane neangajată în lupte.
[3)]Se fac aproximații şi rotunjiri.

Trebuie remarcat că ridicarea calității armamentului s-a făcut şi prin deplasarea consumului de materiale spre materiale superioare, foarte scumpe. De exemplu, titanul reprezintă circa 20÷30% din greutatea unui avion sofisticat de luptă, comparativ cu 8÷10% în anii '50. Fabricarea unui singur motor pentru un reactor F-16 necesită aproape 5000 kg de materiale, din care: 2044 kg de titan; 1715 kg de nichel; 573 kg de crom; 330 kg de cobalt şi 267 kg de aluminiu.

Desigur, se adaugă forța de muncă ocupată în producția militară, în forțele armate etc. Se subliniază aici, prin câteva exemple, numai posibilitatea şi necesitatea intervenției energice pentru reducerea consumurilor militare, cu reducerea corespunzătoare a contribuției la poluarea totală a planetei. Trebuie adăugate, la aceste costuri, prețul enorm al distrugerilor produse de utilizarea, fie şi ocazională, a acestui armament sofisticat în: Vietnam, Golful Piersic, Afganistan, Jugoslavia etc.

Care sunt totuşi posibilitățile de reducere a degradării solului ? În primul rând economia de materiale şi energie este o sursă importantă de

reducere a gradului de poluare. Aceasta se realizează pe două căi principale:

- modernizarea tehnologiilor de producție, bazate pe înlocuirea consumurilor de materiale şi energie cu o cantitate corespunzătoare de informație, adică cu inteligență;
- reconversia deşeurilor, aşa cum s-a subliniat anterior, este o sursă importantă de reducere a gradului de poluare.

În al doilea rând, introducerea în fluxul tehnologic a unor operații care să neutralizeze agresivitatea unor poluanți sau să-i colecteze, pentru a nu fi dispersați în mediul înconjurător.

În al treilea rând, se impun măsuri cu caracter economico-social care să vizeze, pe de o parte, reducerea risipei, iar pe de altă parte, renunțarea la unele activități poluante, dar şi dăunătoare caracterului paşnic al societății umane, adică la producția şi activitatea militară de orice fel, indiferent cum s-ar manifesta în viața societății umane.

Dacă avem în vedere risipa de materiale şi energie, vom considera unele diferențe mari de consum specific între colectivitățile umane. Astfel, circa un miliard de locuitori din mediul rural subzistă pe baza biomasei locale, colectată din imediata vecinătate a lor. Acest miliard de oameni foarte săraci face parte dintr-un grup mai larg al populației, lipsit de mai multe dintre bunurile modeste asigurate, pornind de la resursele neregenerabile – în particular, bunuri cu folosință îndelungată, cum sunt: aparatele de radio, frigiderele, alimentările cu apă în locuințe, sculele de bună calitate şi căruțele cu roți uşoare şi lagăre de alunecare. Mai mult de 2 miliarde de oameni locuiesc în țări unde consumul de oțel pe cap de locuitor este sub 50 kg/an, deşi oțelul este un element fundamental în economia oricărei țări. În aceleaşi țări şi consumul de energie este sub 20 GJ/loc/an.

Aproximativ 1,5 miliarde de locuitori se află în zona de mijloc a ierarhiei stabilite pentru consumul de materiale. Aprovizionarea acestora cu bunurile de lungă durată necesare conduce la un consum anual de 50÷150 kg de oțel şi 20÷50 GJ energie pe cap de locuitor pe an.

La partea superioară a ierarhiei se află clasa risipitorilor sau a producătorilor de deşeuri, respectiv a celor care folosesc lucrurile o singură dată şi apoi le aruncă la gunoi. Un locuitor tipic al acestei pătrimi din umanitate, care este industrializată, consumă de 15 ori mai multă hârtie, de 10 ori mai mult oțel şi de 12 ori mai mult combustibil decât un locuitor din Lumea Treia. Situația extremă se află în SUA unde o persoană consumă, în medie, în fiecare zi, o cantitate de materiale echivalentă cu greutatea corpului propriu: 18 kilograme de petrol şi cărbune, 13 kilograme de alte materiale minerale, 12 kilograme de produse agricole şi 9 kilograme de produse forestiere. În economia risipitoare a afluenței, ambalarea produselor devine un scop în sine, lucrurile care se aruncă după o singură folosință proliferează în mod continuu, iar consumul lucrurilor durabile, cu mai multe întrebuințări, se reduce permanent. În SUA, de exemplu, valoarea ambalajelor reprezintă 225 dolari/loc/an, respectiv 4% din cheltuielile consumatorului prin achiziționarea de bunuri materiale. În mod similar, în

Japonia se folosesc în fiecare an peste 30 de milioane de aparate de fotografiat cu un singur rolfilm, iar în Marea Britanie se consumă 2,5 miliarde de şervețele destinate unei singure întrebuințări. Americanii aruncă la gunoi, anual, 180 milioane de aparate de ras, o cantitate enormă de farfurii şi pahare din hârtie şi material plastic şi o cantitate de aluminiu din care s-ar putea construi 6000 de avioane de tipul DC-10. În ce priveşte consumul de hârtie, care semnifică distrugerea pădurilor Terrei, consumul pe cap de locuitor se prezintă, în 1993, astfel: SUA – 310 kg; Finlanda – 249 kg; Belgia – 228 kg; Danemarca – 222 kg; Marea Britanie – 165 kg; Italia – 132 kg; România – 13 kg etc.

În al patrulea rând, reciclarea deşeurilor care, aşa cum s-a subliniat anterior, se soldează cu importante economii de materiale şi energie. Aceasta este o problemă mai ales organizatorică.

9.6. Metrologia calității mediului

Aprecierea cantitativă a gradului de poluare a mediului înconjurător se face pe baze metrologice adecvate, încadrate în norme generale de metrologie însuşite de societatea umană.

Desigur, metrologia calității mediului înconjurător are la bază metodologiile particulare, din ştiințele pozitive (chimie, fizică, biologie etc.) adaptate la condițiile concrete de evaluare a calității mediului înconjurător.

Pe baza analizelor complexe efectuate până în prezent au fost stabilite, fie şi aproximativ, anumite praguri limită de poluare, considerate acceptabile pentru condițiile vieții pe Terra, care au fost luate în considerare chiar la elaborarea unor standarde în domeniu.

Primul standard referitor la sistemele de management privind mediul înconjurător este considerat a fi Standardul britanic **BS 7750** din martie **1992: *"Specificație pentru sisteme de management privind mediul înconjurător"*** (Specification for Environmental Management Systems). Acest standard prezintă o deosebită importanță întrucât există presupunerea că va fi luat în considerare pentru elaborarea standardelor internaționale, regionale şi naționale în toate zonele geografice ale lumii. Acest standard reflectă convingerea că orice activitate economică interacționează cu mediul şi are efecte asupra lui. Aceste efecte fac deja obiectul unor reglementări internaționale, regionale sau naționale severe pe care unitățile economice trebuie să-şi ia măsurile de rigoare pentru respectarea lor, pentru a preveni încălcarea acestor cerințe obligatorii şi nu să ia măsuri de remediere a lor, după încălcarea acestora.

Aspectele abordate de BS 7750/1992 privesc: sistem de management privind mediul înconjurător, politica privind mediul înconjurător, organizare şi personal (între altele, reprezentantul conducerii de vârf); efecte asupra mediului înconjurător, incluzând evaluarea şi înregistrarea celor mai semnificative (cum ar fi emisiile controlate şi necontrolate către atmosferă); deversări controlate şi necontrolate de apă; deşeuri solide şi altele; contaminarea solului; utilizarea solului, apei, combustibililor şi energiei şi a altor resurse naturale; zgomot, miros, praf,

vibrații şi impact vizual; efecte asupra unor componente specifice ale mediului înconjurător şi ecosistemelor; obiective şi ținte privind mediul înconjurător, program de management privind mediul înconjurător; manualul şi documentația managementului privind mediul înconjurător; control operațional (incluzând verificare, măsurare şi testare, neconformități şi acțiune colectivă); înregistrări ale managementului privind mediul înconjurător; audituri de management privind mediul înconjurător, planul de audit; revizii ale managementului privind mediul înconjurător.

În anul 1992 a luat ființă Grupul strategic consultativ privind mediul înconjurător al ISO/IEC (SAGE, 1992), având ca obiectiv *"de a evalua nevoile pentru o viitoare standardizare internațională în vederea promovării aplicării mondiale a elementelor cheie din conceptul susținerii dezvoltării industriale, incluzând, dar nelimitându-se la: informare consumatori şi etichetarea ecologică; utilizare şi transport resurse, în special materii prime şi energie; efecte asupra mediului înconjurător în timpul producției distribuirii, utilizării produselor, casării şi reciclării"*.

În cadrul SAGE funcționează următoarele subgrupuri: *sisteme de management privind mediul înconjurător, auditarea mediului înconjurător, etichetarea ecologică; standarde privind mediul înconjurător, analiza ciclului de viață; îndrumare pentru includerea aspectelor privind mediul înconjurător în standardele de produs; plan de mobilizare industrială.*

Aşa cum scria cu ani în urmă cercetătorii români Viorel Soran şi Margareta Borcea[12]: ***"Mobilul genezei conştiinței ecologice şi a responsabilității crescânde a omenirii față de natură şi starea ambianței îl constituie necesitatea supraviețuirii speciei umane. Aceasta implică o opoziție fermă față de antiumanismul contemporan care îmbracă haina tehnicismului exacerbat şi a economicului irațional... Principalul vinovat pentru starea actuală a biosferei şi gradul avansat de poluare a planetei este superindustrializarea haotică, necontrolată, cu tehnologiile ei consumatoare de energie în proporții nemaiîntâlnite până acum în istoria Pământului. Există o limită optimă pentru industrializare şi depăşirea acesteia conduce la retroacțiuni ecologice negative sau ecofeedback-uri negative cu grave repercursiuni asupra calității vieții umane şi a stării mediului"***.

Toate aceste măsuri întreprinse pentru protecția mediului înconjurător au menirea de a impune respectarea acestuia în tot ceea ce întreprinde comunitatea umană pe plan economico-social. Societatea umană proiectează produse şi procese pentru a-şi satisface anumite dorințe legate de calitatea vieții dar, de fiecare dată, trebuie avut în vedere ca aceste rezultate să se obțină cu un impact cât mai mic posibil asupra mediului înconjurător.

Se va considera, spre exemplu, activitatea complexă din domeniul turismului. Aşa cum este cunoscut, turismul a devenit un fenomen de masă de-

---

[12] Viorel Soran şi Margareta Borcea, *Omul şi biosfera,* Editura Ştiințifică şi Enciclopedică, Bucureşti, 1984

abia în a doua jumătate a secolului douăzeci. Printre principalii factori care au favorizat acest proces se numără, desigur, creşterea veniturilor pe cap de locuitor, dezvoltarea deosebită a transporturilor, dezvoltarea mare a mijloacelor de comunicare în masă (presă, radio, televiziune), creşterea substanțială a timpului liber, prin reducerea săptămânii de lucru. Infernul mecanizat şi monotonia vieții urbane determină tot mai mulți orăşeni să dorească spațiu, libertate de mişcare, natură. Prizonier al oraşului, omul redescoperă natura pentru a se elibera.

Creşterea spectaculoasă a numărului turiştilor a atras după sine o dezvoltare dinamică a unei noi industrii, veniturile din turism fiind în continuă creştere.

În prezent se poate vorbi de o presiune turistică. Astfel, în condițiile țării noastre, zona Podişului Sucevei şi Obcinelor Bucovinei – cu un peisaj frumos şi numeroase monumente de arhitectură medievală – care se suprapune în bună măsură cu teritoriul Județului Suceava, primeşte anual circa 300 000 turişti interni şi internaționali, ceea ce înseamnă de aproape cinci ori mai mult decât populația județului.

Avantajele şi foloasele sociale, precum şi cele economice, sunt atât de însemnate şi evidente, încât în acest elan se uită primejdiile şi dezavantajele, pe care le comportă a atât de rapidă dezvoltare a turismului.

Dacă turismul nu este condus şi controlat cu grijă, el poate da naştere unor foarte serioase tulburări sociale şi în ceea ce priveşte conservarea, respectiv degradarea mediului.

Creşterea vertiginoasă a numărului turiştilor care îşi petrec vacanțele în unele regiuni turistice aglomerate a distrus aproape total farmecul vechilor frumuseți naturale, a poluat în bună măsură apele litoralului, a afectat monumente arhitectonice şi istorice etc. Unele efecte negative ale exploziei turistice țin în primul rând de organizarea şi conducerea dezvoltării turismului, în amplasarea şi amenajarea hotelurilor şi vilelor, campingurilor, bazinelor de înot, terenurile de distracție, căilor de acces, parking-urilor etc., având aproape invariabil prioritate considerentele financiare, în detrimentul celor ce țin de economia mediului, de protecția şi conservarea frumuseților naturii.

În numele turismului, uneori are loc distrugerea unor peisaje naturale încântătoare, desecarea unor spații umede, de mare însemnătate biologică, distrugerea vegetației naturale şi adeseori înlocuirea acesteia cu specii mai decorative importante. Toate acestea semnifică de fapt o gravă degradare a mediului ecologic.

Pe de altă parte, nu trebuie să-i uităm pe turiştii înşişi care lasă în urma lor tone de deşeuri (hârtii, borcane, sticle, ambalaje din plastic), gazele de eşapament ale din ce în ce mai numeroase autovehicule cu care pătrund în natură, în zona monumentelor arhitectonice şi istorice, suprafețe mai mici sau mai mari devastate în vederea colectării anumitor flori, monumente degradate de inscripții şi semnături.

Zonele prea frecventate de turişti şi-au pierdut de mult din farmecul inițial. Inscripțiile şi semnăturile au desfigurat numeroase monumente

arhitectonice, cum ar fi, spre exemplu, zgârieturile făcute pe fresca de la Mănăstirea Humor, imediat după ce aceasta fusese recondiționată cu mari sacrificii şi ansamblul de pictură de la Cetatea Colțului din Județul Hunedoara etc. La fel în ceea ce priveşte anumite peisaje naturale care s-au degradat atât de mult, încât în loc să atragă, resping vizitatorii.

Murmurul tonic al naturii a fost înlocuit cu cel al cailor putere şi al tranzistorilor, iar frumusețea şi/sau varietatea florilor, arbuştilor şi arborilor ce nu se armonizează cu cadrul natural şi cu deşeurile ce "marchează" locul de petrecere al week-end-ului. Ca să nu mai vorbim de introducerea unor plante aşa zis decorative ce nu se integrează, din contră fac notă discordantă în respectivul peisaj.

Pentru ca omul să se poată bucura în continuare de multiplele binefaceri ale naturii el trebuie nu numai să pătrundă în regiuni noi, care să-l binecuvânteze cu darurile lor de preț, ci totodată să amenajeze, să refacă, să reîmprospăteze ceea ce a distrus mai înainte.

Dezvoltarea societății umane a dus la extincția multor specii de plante şi animale, la îngustarea zestrei genetice a biosferei, în afara acestor vietăți pierdute fără urmă, numeroase alte plante sunt amenințate cu dispariția.

Este necesară ocrotirea unor specii rare (monumente ale naturii) întrucât evoluția lor fiind ireversibilă, speciile odată distruse nu se mai refac. Printre speciile dispărute menționăm: bourul (Moldova), în 1762 în Munții Bârgău a fost împuşcat ultimul zimbru de la noi, capra de munte a fost stârpită în Carpații meridionali la începutul secolului al XIX-lea. La mijlocul secolului trecut au pierit ultimele exemplare de marmotă alpină (Marmota marmota) în Munții Făgăraş şi Munții Rodnei.

Iată câteva dintre plantele şi animalele ocrotite de lege din țara noastră: bujorul rom, brânduşa galbenă, salvia (salvia rigens), alunul turcesc (corylus colurna), floare de colț (leontopodium alpinum) – o splendidă plantă cu aspect catifelat şi floare de forma unei steluțe galbene-verzui numită încă şi floarea reginei, ocrotită din anul 1931. Dintre animalele aflate sub protecție menționăm: broasca țestoasă dobrogeană (Testudo graeca ibera), vulturul negru (Aegypus monachus), dropia (Otis tarada), lebăda de iarnă (Cygnus cygnus), egreta mică (Egreta gazelata), pelicanul creț (Pelecanus crispus).

Flora şi fauna trebuie salvate prin însuşirea unei educații şi unei etici ecologice adecvate, prin crearea unor ecosisteme naturale care păstrează natura în esența ei. Şi pentru a oferi posibilitatea ca toate plantele şi animalele să se perpetueze s-au înființat rezervații şi mari parcuri în care ocrotirea naturii este obiectivul prioritar.

Acțiuni de protejare totală a naturii au avut loc încă din vremea lui Ştefan cel Mare (1457-1504) în Moldova, când s-au înființat "*Braniştile*". Acestea erau teritorii din care nu se putea recolta iarbă, lemn sau late asemenea produse, iar vânatul şi pescuitul erau total interzise – ceea ce le aseamănă în multe privințe cu actualele rezervații naturale.

Aşa cum s-a specificat anterior, primul parc național a fost înființat în 1935 în Munții Retezat.

Din cele 320 de specii vegetale din Retezatul Mare 15,4% formează endemisme carpatice şi 4,2% endemisme proprii. Aici se găsesc sute de urşi, jderi, splendidele capre negre şi păsări răpitoare din neamul vulturilor şi a pajurilor. Mai există şi alte parcuri naţionale în Munţii Apuseni, Căliman, Ceahlău, Delta Dunării (cea mai mare rezervaţie din România). Aceste rezervaţii naturale şi parcuri naţionale trebuie ocrotite întrucât ele pot oferi adevărate comori ale naturii unui turism civilizat.

9.7. Costul protecţiei mediului

Observându-se că degradarea mediului este cauzată de activităţile umane îndreptate spre exploatarea intensivă a mediului înconjurător, s-a pus problema întreprinderii unor măsuri adecvate pentru protejarea lui. Desigur, s-a constatat uşor că aceste măsuri costă şi au început atunci acţiuni de determinare a costurilor de protecţie a mediului. Intenţie bună dar imposibil de realizat. De ce ? Întrucât, aşa cum s-a demonstrat, orice schimbare în natură, cu sau fără intervenţia omului, are la bază transformare de energie liberă în energie legată şi energia legată nu este altceva decât o măsură a poluării. De aceea, devine aberantă denumirea de produse ecologice, tehnologii ecologice etc. Se creează astfel tot o poluare şi anume o poluare informaţională.

Există menţionate, prin diverse publicaţii, conturi contabile pentru încadrarea cheltuielilor de protecţie a mediului, ba există şi fel de fel de funcţii matematice, unele foarte complexe, pe bază de ecuaţii diferenţiale de ordin superior, care chipurile ar optimiza relaţia dintre activităţile umane şi costurile de producţie, înglobând şi "cheltuieli de protecţia mediului". Dar sunt aceste cheltuieli pentru protecţia mediului ? Desigur, le putem accepta şi cu această denumire, însă ele, în fond, sunt cheltuieli de curăţenie a împrejurimilor agentului economic. De fapt, dacă am găsit anumite metodologii de calcul pentru protecţia mediului, nu am găsit nici un exemplu de calcul concret dus până la capăt. Am găsit numai menţiuni de cheltuieli aproximative privind unele aspecte ale reducerii poluării. Astfel, ***unele cercetări efectuate în Germania au evidenţiat faptul că numai instalaţiile de control pentru noxe la o termocentrală electrică pe cărbune cu o putere instalată de 500 MW costă între 500 şi 1500 milioane dolari, în funcţie de calitatea cărbunelui***. De asemenea, cercetări efectuate în Suedia privind desulfurarea gazelor de la termocentrale şi reţinerea oxizilor de azot, au evidenţiat faptul că ridică costurile producerii energiei electrice cu 40-50%, în funcţie de procentul de sulf în combustibil. Dar, aşa cum se observă, este vorba de cheltuieli parţiale şi nu globale, pentru anumite etape din procesul tehnologic de conversie a energiei.

De ce nu se pot evalua cheltuielile de protecţie a mediului ? Întrebare simplă dar la care nu se poate da decât un răspuns aproximativ.

În primul rând noile tehnologii de producţie se elaborează şi se prezintă specialiştilor şi publicului larg luându-se în considerare numai parţial efectele acestora şi anume, numai cele pozitive, benefice pentru comunitatea

umană. Aceasta întrucât, la analiza noilor tehnologii nu se pot lua absolut toți factorii de influență în analiză şi aceasta se face aproape întotdeauna numai pentru efectele pozitive. De asemenea, efectele negative se manifestă mult mai târziu de la aplicare sau sunt neglijate de interese particulare. Vom reveni la două exemple celebre: utilizarea freonilor despre care s-a tratat mai sus şi, un al doilea exemplu îl constituie marele baraj al Nilului, de la Aswan, construit în anii '60, în urma căruia s-a format lacul de acumulare Nasser, lung de circa 150 km şi adânc de 76 de m, care alimentează o hidrocentrală cu o putere instalată de 2100 MW. Biologul american R. N. Wagner[13] a prezentat dramele ecologice declanşată de această epocală realizare tehnologică.

Înainte de construirea barajului, Nilul inunda în fiecare an lunca sa şi Delta cu aluviuni aduse din Etiopia, de pe roci bazaltice bogate în săruri minerale. În urma acestor inundații, erau fertilizate întreaga vale a Nilului, Delta şi țărmul sud-estic al Mării Mediterane. Nu în mod întâmplător Herodot socotea Egiptul drept un dar al Nilului. Cercetările din jurul anilor 1950-1955 au precizat că, înainte de inundații, apele marine din apropierea Deltei Nilului cuprindeau 30÷40 de mii de microorganisme vegetale şi animale la litru, număr care creştea de 70÷80 de ori după inundații. În acelaşi timp, bine alimentate de mâlul deltaic, apele litorale ale Mditeranei aveau o productivitate mare, de pe coasta egipteană pescuindu-se peste 18 000 tone de sardele.

După construirea giganticului baraj, inundațiile n-au mai avut loc şi, în câțiva ani, au apărut consecințele nefaste ale acestei intervenții umane. Nemaifiind fertilizată natural, lunca Nilului a necesitat investiții pentru tratamentele cu azot şi fosfor. O parte din electricitatea care se credea că va fi folosită în industria siderurgică a trebuit să fie cheltuită pentru ceea ce de milenii Valea Nilului primea fără investiții, şi anume îngrăşămintele necesare pentru culturile de cereale şi bumbac. Dar nici apele Mediteranei nu au mai fost fertilizate, ceea ce a avut ca urmare scăderea în 4÷5 ani de circa 30 de ori a productivității piscicole (500 tone în loc de 18 000). S-a sperat ca deficitul să fie compensat de cele 12 000 tone de peşte de apă dulce scos din lacul Nasser. Cu toate măsurile luate, productivitatea lacului n-a depăşit 2 000 tone. În plus, lacul este amenințat de o colmatare foarte rapidă, dispariția lui evaluându-se la 100 de ani. Se mai adaugă faptul că apa lacului constituie un biotop al vectorilor unor foarte grave maladii tropicale locale, cum ar fi *trachoma*, *schistosomiaza, malaria egipteană*, care impun vaste şi costisitoare campanii antiepidemice.

Barajul de la Aswan constituie un exemplu tipic al modului cum unele acțiuni tehnologice, evaluate ca favorabile, cu un beneficiu, pentru comunitatea umană, pot determina dezechilibre ecologice cu serioase urmări negative economice şi sanitare. Se puteau evalua costurile protecției mediului în faza inițială ? Nu !

Asemenea efecte negative se constată de multe ori în urma acțiunilor, dorite pozitive, ale comunității umane şi revenirea la condiția inițială nu mai este

---

[13] Wagner R. N., *Environment and Man*, V. V. Norton and Co. Inc. New York, 1971

posibilă. Referindu-se la asemenea situații, Viorel Soran şi Margareta Borcea[14] scriau: ***"Este paradoxal, dar în perfectă concordanță cu legile termodinamicii, cum progresul şi evoluția în domeniul socio-economic sunt asociate cu un regres în sfera vieții pe planeta noastră. Această situație, aparent ciudată, ne aminteşte o altă legitate a naturii: nici un sistem nu poate creşte şi nu se poate dezvolta fără a extrage şi consuma din resursele celorlalte sisteme materiale printre care ființează"***.

În al doilea rând, caracterul dual al acțiunilor umane face ca şi din acest punct de vedere să cuprindă atât rezultate benefice pentru comunitatea umană, dar, în acelaşi timp să cuprindă şi caracteristici ale manifestării negative în raport cu mediul înconjurător. Astfel, poluarea solului este strâns legată de extinderea agriculturii, care antrenează după ea şi sporirea echivalentă a dăunătorilor de tot felul. Pentru a restabili echilibrul biologic pe vastele terenuri agricole şi a controla populațiile de dăunători, agronomii au inventat mijloace puse la dispoziție de industria chimică pentru combaterea buruienilor (substanțe erbicide), ciupercilor microscopice (fungicide), insectelor (insecticide).

Până în anii 1950, pesticidele aparțineau prioritar domeniului chimiei minerale, de la vestita zeamă bordeleză, cu care se stropeau viile, până la produsele pe bază de arsenic, cu care se combăteau rozătoarele. După 1945, vor domina substanțele sintetice realizate de chimia organică, prima şi cea mai celebră fiind dichlorodiphenyltrichloroethane, cunoscut sub numele prescurtat de D.D.T.(descoperit în 1939). Omenirea datorează multor substanțe, şi în special D.D.T.-ului, care a ajutat la eradicarea malariei, aducând descoperitorului lui, chimistul Müller Paul Herman (1899-1965) (Elveția), Premiul Nobel în 1948.

Dar, din nefericire, majoritatea insecticidelor au şi o acțiune toxică asupra păsărilor, mamiferelor, inclusiv asupra omului. Să amintim doar HCH-ul (hecacloriciclohexanul), lindanul, dieldrinul sau prathionul – verdele de Paris.

Albinele au de suferit de pe urma tratării chimice a rapiței, de unde îşi colectează polenul sau a verdelui de Paris cu care sunt stropiți copacii meliferi atacați de păduchi de plante.

Pulverizările de DDT din avion au provocat în vestul Statelor Unite şi al Canadei, în anii 1954-1956, moartea a sute de mii de păstrăvi şi somoni, peşti cu mare valoare economică. Un lucru similar s-a petrecut în Volta Superioară, când, mari suprafețe fiind supuse unor tratamente cu lindan pentru combaterea muştei simulide, vectorul oncocercozei, ce produce orbirea unui mare număr de localnici, au provocat mai puține pierderi larvelor de muşte şi mai multe peştilor, care au pierit în masă, diminuând astfel resursele alimentare ale regiunii. De asemenea, o mortalitate ridicată a fost observată în Statele Unite în timpul campaniei de combatere a furnicii de Argentina; dieldrinul a provocat pierderi mari între păsări, 97% dintre acestea pierind. În statul Indiana, un singur

---

[14] Viorel Soran şi Margareta Borcea, *Omul şi biosfera,* Editura Ştiințifică şi Enciclopedică, Bucureşti, 1984

tratament cu parathion a provocat moartea a aproape 70.000 de mierle migratoare.

S-a constatat, în 1973, că lindanul dă miros de mucegai multor legume, încetineşte creşterea cerealelor şi diminuează considerabil cantitatea de caroten, când este folosit pentru a apăra semințele morcovilor împotriva insectelor.

Dispariția rapidă a speciilor de vulturi în Europa şi America, în ultimii 40-50 de ani, este cauzată, în primul rând, ingerării insecticidelor de sinteză o dată cu prada sau consumării momelilor cu otravă pentru lupi ceea ce a dus la moartea păsărilor sau la sterilizarea ouălelor.

Deşi încă n-a fost pusă în evidență până acum o relație de dependență directă între pesticide şi declanşarea unor boli la om (cancer, leucemie, hepatită), este posibilă totuşi acțiunea cancerigenă a unor insecticide ca şi o anumită influență a lor asupra sistemului nervos şi endocrin. Va trebui să se disocieze însă acțiunea pesticidelor de a altor substanțe toxice cu care civilizația ne pune în contact (produse de dejecție, substanțe poluante ale atmosferei, reziduuri radioactive etc.).

Dar, cel mai mare pericol nu-l reprezintă îngurgitarea directă a pesticidelor, ci concentrarea lor de-a lungul lanțurilor trofice. Pesticidul poate fi absorbit de o ființă vie, rezistentă față de aceasta, în organismul căreia se concentrează, fără a provoca tulburări grave; toxina trece apoi în organismul altui animal, prădător al primului, pe care îl poate intoxica dacă manifestă sensibilitate pentru acea substanță. Iată un exemplu întâlnit în multe colțuri ale lumii. Copacii sunt stropiți cu DDT pentru a fi feriți de insecte. O parte din pulbere cade pe sol şi este ingerată de râme, imune la acțiunea DDT-ului, dar care îl concentrează în țesuturile lor. Mierlele lacome, consumă o mare cantitate de râme şi, fiind foarte sensibile la pesticide, mor pe capete. Unele păsări de baltă mor din cauza ingerării peştilor în al căror corp s-a concentrat o mare cantitate de DDT, absorbit inițial de plancton din apele tratate împotriva larvelor de țânțari şi concentrat în țesuturile vegetale, oferite apoi ca hrană peştilor planctonofagi, care, la rândul lor, sporesc în organism gradul de concentrație a substanței.

S-a constatat astfel că tratamentele chimice, pe lângă unele avantaje indiscutabile, prezintă şi două dezavantaje grave. Primul ar fi imunizarea unor insecte, adică selecția unor exemplare rezistente, care se înmulțesc rapid şi sunt total insensibile la insectifug; tipic este cazul larvelor de anofel, care, după 1948, îşi vor reface rapid efectivele, producând o foarte puternică remisiune a malariei, malarie considerată ca definitiv eradicată. Al doilea ar fi că, prin distrugerea unor insecte dăunătoare, pulberile insectifuge au declanşat înmulțirea altor specii cu nocivitate foarte slabă până atunci. Astfel, distrugându-se ploşnița de grâu, s-a favorizat, în schimb, dezvoltarea ruginii grâului, ciupercă parazită extrem de dăunătoare, iar dispariția macului, albăstrelelor şi rapiței sălbatice de pe ogoare a înlesnit răspândirea unor graminee sălbatice, în fața cărora suntem dezarmați. Tratarea, în Statele Unite, a pădurilor de pin contra viermilor de pini a avut ca urmare invazia

acarienilor roşii, care au distrus sute de mii de hectare de păduri între 1949 şi 1956.

Larg folosite în agricultura intensivă (în prezent se împrăştie anual pe suprafaţa Terrei circa 70-80 milioane tone), îngrăşămintele chimice şi, în special, cele azotoase, ridică unele probleme ecologice. După unele evaluări s-a constatat că doar 50% din îngrăşămintele de azot se încorporează în producţia de substanţă organică, în timp ce jumătatea cealălaltă se iroseşte în mediu. Un procent de 72% din această substanţă migrantă ajunge în apele subterane şi de aici în râuri, în sursele de apă potabilă şi în apele stătătoare.

Azotaţii se pot concentra peste limitele admise în plantele de cultură (legume, cereale) atunci când dozele de azotaţi sunt exagerat de mari. Azotaţii ingeraţi de oameni, o dată cu hrana, şi de animale, o dată cu furajele, se transformă în corpul acestora în azotiţi. Azotiţii din hrană şi nitriţii din apele potabile suprasaturate de substanţe azotoase provenite de la îngrăşăminte se combină uşor cu hemoglobina. Acest compus foarte stabil nu mai poate fixa oxigenul în sânge la nivelul alveolelor pulmonare şi nici facilita transportul său în organism, prin mijlocirea circulaţiei sanguine. Methemoglobina produce cel mai adesea mortalitatea infantilă. În acelaşi timp, nitraţii şi nitriţii acumulaţi în organismele plantelor şi animalelor pe calea metabolozării se transformă în produşi organici de tipul nitrozaminelor, substanţe cu un ridicat potenţial cancerigen.

În al treilea rând, caracterul dual al progresului. Astfel, dacă ţelul ideal urmărit de progres ar fi vreodată atins, atunci omenirea ar ajunge până la gradul zero sau al indiferenţei sale. Dar idealul rămâne întotdeauna ideal, omenirea se poate apropia de el, neatingându-l niciodată. De aceea omenirea nu va ajunge niciodată la starea de indiferenţă superioară, spre care tinde mereu; dar veşnic se va afla într-o stare de suferinţă de grad inferior (în comparaţie cu această indiferenţă superioară). Însă, fără suferinţă nu va fi nici credinţă, nici iubire pentru oameni, iar principalele suferinţe în viaţa omului nu i le pricinuiesc atât forţele naturii, cât ceilalţi oameni. Începutul înţelepciunii este frica, iar iubirea nu este decât rodul. Nu putem lua rodul drept cauză şi cauza drept efect.

În al patrulea rând satisfacerea unor porniri agresive ale personalităţii umane, în dorinţa de a-şi manifesta gustul puterii, sub motivaţia dorinţei de „pace şi linişte". Cine poate evalua costul distrugerii patrimoniului ecologic produs în campaniile militare împotriva populaţiei paşnice ale unor comunităţi umane ? Şi aceasta mai ales atunci când se face cu armament cu capacitate mare de distrugere şi se vizează obiective periculoase. Dar, ***„Când vor zice «Pace şi linişte», atunci o nimicire neaşteptată va veni peste ei, ca durerile naşterii peste femeia însărcinată şi nu va fi chip de scăpare"*** (1 Tesalonicieni, 4,5).

În al cincilea rând, aşa cum s-a subliniat deseori, protecţia mediului este o problemă globală şi nu locală. Există numeroase argumente în acest sens. Astfel, aşa cum se ştie, obţinerea unor produse industriale

cuprinde etape distincte de fabricație clasificate, convențional, în trei categorii: prelucrare primară, prelucrare secundară şi prelucrare terțiară în care se manifestă mai ales procesele de mentenanță. Dar, aşa cum menționam anterior: ***"...aproximativ trei sferturi din totalul consumului de energie în scop industrial sunt asociate cu extracția sau producția de materiale de bază, precum oțelul şi cimentul, în timp ce doar un sfert este utilizat pentru transformarea materialelor în produse finite, cum ar fi maşinile şi clădirile. Reversul este valabil în cazul forței de muncă, care este folosită într-o proporție de trei ori mai mare pentru conversia materialelor în produse finite comparativ cu necesarul impus de producția de materiale"***[15]. Ori, țările dezvoltate au renunțat sau şi-au redus sectorul primar de prelucrare, dirijându-le spre lumea treia, reținând sectoarele de prelucrare secundară şi terțiară.

În stabilirea strategiei țărilor dezvoltate, privind "exportul" surselor periculoase de poluare, au contribuit o serie de accidente ce au avut loc la fabricile producătoare de asemenea substanțe. În acest sens, se poate cita exemplul celebru al accidentului de la Seveso – Italia.

Seveso, acest mic oraş italian, se găseşte la nord de Milano, marele centru industrial. În anii 1960 – 1970 era un centru de popas turistic pentru cei care călătoreau cu maşina. Pe autostradă, cei care se apropiau de acest orăşel erau întâmpinați de un peisaj de vis – crestele dantelate ale munților profilându-se deasupra lacului Como, vârfuri înzăpezite, cer senin şi soare strălucitor. De cealălaltă parte se află norul de poluare a oraşului Milano.

Seveso era un orăşel plăcut, în care călătorul oprea să-i realimenteze maşina, înainte de a porni în munți sau în Elveția. Mulți turişti petreceau clipe plăcute în acest orăşel, cunoscut mai ales datorită fabricilor sale de mobilă.

Puțini auziseră însă până atunci de o fabrică nouă de erbicide, ***Icsema***, amplasată la marginea oraşului.

Dar, la 10 iulie 1976, la această fabrică care producea un mare sortiment de erbicide, a avut loc o mare explozie şi norul de praf s-a întins deasupra orăşelului.

Nici conducerea fabricii şi nici patronul acesteia, Hoffman La Roche, nu au putut defini cu exactitate conținutul chimic al acestui nor şi efectele acestea. Panica nu a izbucnit imediat, întrucât populația nu a fost avertizată în nici un fel. În 24 de ore, însă, pe traseul norului au început să apară o serie de incidente îngrijorătoare. Copacii şi plantele se ofileau şi mureau. Au apărut numeroase cazuri de copii afectați de erupții epidermice, acuzând dureri de gât şi prezentând pusee de febră. De asemenea, a crescut mult mortalitatea în rândul păsărilor şi animalelor domestice. Oamenii de ştiință aveau să afle mult mai târziu ce substanță toxică intra în compoziția acelui nor uriaş format de pe urma exploziei. Era vorba de

---

[15] Orio Giarini, Walter R. Stahel, *Limitele certitudinii. (Volum din colecția de informații a Clubului de la Roma)*, Bucureşti, EDIMPRESS – CAMRO, 1996, p.118

dioxină, component de bază şi al ***Agentului Orange*** utilizat de armata americană în Vietnam drept gaz de luptă.

Compusul chimic se formase ca urmare reacției ce a avut loc între substanțele deversate în mediul înconjurător în urma exploziei.

Până în momentul în care accidentul a fost recunoscut oficial şi Seveso a fost declarată zonă calamitată, mai multe sute de oameni erau deja internați în spitale cu eczeme pe toată suprafața corpului.

Bolnavii sufereau din cauza unei infecții la nivelul epidermei, nimită ***cloracnee***. Pielea infectată trebuia bandajată, iar obrazul înfăşurat în comprese sterile şi tifon. Mulți dintre cei afectați au rămas ci cicatrice pentru toată viața. Cei mai sensibili, în special copiii, au fost chinuiți luni întregi de erupțiile dureroase de piele. Muncitorii care curățau zona, deşi fuseseră dotați cu echipamente de protecție, s-au îmbolnăvit de hepatită. Peste 10.000 de oameni au părăsit oraşul, iar în jur de 40.000 de animale domestice au murit din cauza otrăvii. Din cauză că mulți locuitori au părăsit oraşul, nu s-a putut evalua nivelul real al influențelor negative asupra nou-născuților, cauzate de catastrofa chimică. Dar, la patru luni de la tragedie, în centrul oraşului Milano s-au găsit urme de dioxină în pământ. După mai mulți ani, cercetările au demonstrat că în solul din jurul localității Soveso, zona cea mai afectată, concentrația de substanțe otrăvitoare s-a dovedit a fi de zece ori mai mare decât s-a estimat inițial. Datorită acestei catastrofe Seveso a fost denumit Hiroshima italiană.

Urmarea ? Exportul unor asemenea surse poluante în țările în curs de dezvoltare economică !

Un alt exemplu îl constituie emanațiile de dioxid de carbon. Astfel, în 1997, totalul mondial al emisiilor de CO_2, datorate combustiei energiilor fosile (cărbune, petrol şi gaz) este evaluat la 22,741 miliarde de tone de CO_2, în creştere cu 7% față de 1990. La această cifră se adaugă cea provocată de tăierea pădurilor de circa 4 miliarde de tone pe an, aviația internațională (circa 300 milioane tone pe an) şi cea produsă de bunkerele maritime (circa 400 milioane tone pe an). În fruntea listei țărilor care emit cea mai mare cantitate de dioxid de carbon în atmosferă, în 1997, conform statisticilor întocmite de experți de la Agenția Internațională a Energiei (AIEA), se află, în continuare, SUA, cu 5324 milioane tone. Pe locul doi se situează China cu 3179 milioane tone, Rusia cu 1516 milioane tone, față de 2 milioane tone în 1990. Urmează, în ordine, Japonia, Germania, India, Marea Britanie, Canada şi Ucraina. România se situează pe locul 22, cu 123 milioane tone de CO_2 emise în atmosferă în 1997, față de 167 milioane tone emise în 1990. Se observă că a existat o scădere a emanaților de CO_2 în atmosferă din țările foste socialiste, determinată de desindustrializarea lor, însă, pe ansamblu, aceste emanații au crescut. Corelate aceste cifre de emanații de CO_2, cu defrişarea pădurilor se ajunge la constatarea reală că viața este în pericol pe Terra. Legat de defrişarea pădurilor trebuie menționat că pădurile amazoniene se află într-un mare pericol. Aceasta este concluzia unui amplu studiu americano-brazilian, care arată faptul că tăierile anuale din pădurile amazoniene se ridică actualmente la o suprafață de 30 000 km^2 ! Acest

bilanț este deosebit de îngrijorător pentru oamenii de ştiință, cu atât mai mult cu cât pădurile amazoniene dețin un rol esențial în absorbția dioxidului de carbon şi deci în diminuarea efectului de seră (aceşti "plămâni verzi" absorb o mare cantitate de dioxid de carbon din atmosferă). Aceste defrişări de pădure matură este datorată într-o mare măsură necesităților mereu crescânde de hârtie pentru editarea publicațiilor mereu în creştere numerică şi în volum. Numai ***un săptămânal american necesită pentru fiecare număr tăierea a circa 10 hectare de pădure matură***. Cum se pot evalua costurile legate de aceste fenomene ?

De asemenea, sunt manifestări ale acțiunilor oamenilor care determină o degradare importantă a mediului fără ca societatea umană să le evalueze şi să ia măsuri împotriva celora care au produs catastrofa. Războiul din Vietnam, războiul din Golf, războiul din Afgansitan, războiul din Jugoslavia etc., au produs mari pagube ecologice fără posibilitatea recuperării fondului natural. În războiul din Vietnam armata americană a utilizat arme chimice, faptă confirmată de sentința unui tribunal american din 1984 ce obliga guvernul american la plata de daune unor veterani ai războiului din Vietnam care au suferit şi ei de pe urma acestui armament chimic utilizat în război. Dar dezastrul natural produs a fost enorm şi nerecuperabil. Daunele ecologice produse de războiul din Golf au fost mai mari decât cele produse de o activitate normală în zonă mai mult de zece ani, însă, efectele distructive globale nu vor putea fi neutralizate niciodată. În toamna lui 1998, armata americană a lansat cinci rachete de croazieră asupra Sudanului, distrugând o fabrică chimică din Khartum pe motiv că aceasta producea armament chimic. Dovedindu-se că nu era adevărat nimeni nu a mai comentat acest fapt cu efecte ecologice dezastruoase incalculabile. Dar, dacă erau arme chimice ? Nu declanşa un dezastru şi mai mare asupra populației nevinovate ?

Distrugerile provocate de agresiunea NATO împotriva Iugoslaviei, cu provocarea unei contaminări chimice şi radioactive a zonei Balcanilor, au adus daune ecologice mai mari decât activitatea normală din această zonă în ultimii 50 de ani. Daunele respective nu vor putea fi neutralizate niciodată. Războiul din Iugoslavia, ca orice război, a însemnat o catastrofă ecologică: distrugeri de rafinării de petrol cu degajarea de nori toxici; bombardarea de uzine chimice, ceea ce poluează râurile şi ucide fauna; lansarea de bombe cu grafit care degajă praf cancerigen; folosirea bombelor radioactive cu uraniu sărăcit; lansarea bombelor cu fragmentație, asemănătoare cu minele antipersonal (nu întâmplător Statele Unite au refuzat să semneze tratatul de la Ottawa, care interzicea folosirea lor); aruncarea în Marea Adriatică a unor bombe care amenință viața pescarilor etc. Şi acest război considerat "umanitar" a costat zilnic 64 milioane de dolari sau 59 milioane de euro) echivalent cu costul hranei a 77 milioane de persoane. Dar, efectul bombelor radioactive cu uraniu sărăcit (UA) se produce în timp. El poate fi evaluat după observațiile efectului utilizării aceloraşi bombe în războiul din Golf, când, din eroare, chiar soldații americani au fost victime ale propriilor colegi. În urma acestor "tiruri prieteneşti", 15 militari au fost ucişi şi peste 60 răniți;

mai multe tancuri şi vehicule militare au fost străpunse de muniție fabricată pe bază de UA, constatându-se ulterior contaminarea lor radioactivă. La cinci ani după război, 30 dintre victimele "daunelor colaterale" au fost consultate la Centrul medical din Baltimore. Dintre aceştia, 15 prezentau încă un înalt nivel de radioactivitate, depistat în urină. De asemenea, o bună parte din patologiile inventariate sub denumirea generică de "sindrom al războiului din Golf" sunt o consecință a "uraniului sărăcit". Un studiu efectuat asupra a 250 familii de veterani din Mississippi a scos în evidență faptul că 67% dintre acestea au copii cu grave malformații. Totodată, în Irak s-a înregistrat o creştere a diverselor forme de cancer, precum şi malformații congenitale necunoscute până acum. Au crescut cazurile de leucemie la copii, tumorile canceroase la adulți şi avorturile (fetuşi cu grave malformații). Contaminări cu UA s-au produs şi în Kuwait şi Arabia Saudită. Un raport secret al agenției britanice pentru energia atomică releva, în 1991, că aproximativ 40 de tone de UA au fost lăsate în deşert de armatele aliaților. Se pot oare evalua costurile acestor deteriorări ale mediului înconjurător ? Nu credem !

Dar ce este uraniul sărăcit ? Este U-238 sau un deşeu al industriei nucleare. Utilizat în scopuri militare, U-238 conferă armelor fabricate pe baza lui "calități" excepționale: blindajul tancurilor este străpuns precum o tablă ruginită. Ba, mai mult, o afirmație cinică a celor ce-l utilizează în acest scop spune că, prin consumarea lui, se rezolvă, în parte, dificila problemă a stocării reziduurilor nucleare. Se poate spune astfel că se realizează cu "eficiență" eliminarea reziduurilor nucleare ?

Se cunoaşte că marile puteri duc o politică de a împiedica realizarea de centrale termonucleare în țările mici şi mijlocii, deşi sunt instalațiile de conversie energetică cu cele mai mici influențe asupra mediului înconjurător. Altfel nici nu s-ar justifica faptul că peste 40% din energia electrică obținută în SUA provine din centrale electronucleare, în Franța peste 70%, în Belgia peste 80%, în Japonia peste 40% etc. Pentru a împiedica construirea unei centrale electronucleare în Irak, cu ani în urmă, aviația americană a bombardat construcția acesteia înainte de finalizare, deşi era construită de către Franța. Motivația ? Ar putea produce arme nucleare. Poate este un argument, însă, există şi argumentul că nu mai pot interveni militar împotriva unei țări cu centrale electronucleare. De ce ? Întrucât pot fi distruse în intervenție, cu efecte globale de dezastru. Dacă Irakul avea centrală electronucleară în apropierea Bagdadului este puțin probabil că s-ar fi mai bombardat acest oraş. De asemenea, dacă Jugoslavia avea câteva centrale electronucleare nu s-ar mai fi bombardat pe o rază mare în jurul acestora.

Desigur, sunt multe argumente care să confirme diversiunea informațională produsă când se afirmă că există tehnologii ecologice, produse ecologice etc. De asemenea, că nu se pot evalua costurile protecției mediului, ci numai de menținere a curățeniei locale. Aceasta nu presupune că nu se pot lua unele măsuri de reducere a gradului de poluare, dar, nu de eliminare totală a acesteia. Exemplu ? Însăşi foştii producători ai freonilor, au specificat că înlocuitorii lor sunt mai puțin agresivi decât freonii, dar nu neutri.

La 11 aprilie 1991, orele 12,40, a izbucnit un teribil incendiu la bordul petrolierului Milford Haven, staționat în portul italian Genova Multedo. Petrolierul era proprietatea firmei multinaționale Amaco cu sediul la Chicago, în celebrul Standard Oil Building. Petrolierul avea o lungime de 334 m, lățime de 52 m şi capabil să transporte 230 000 de tone de petrol. Când a izbucnit incendiul se efectua o simplă operație de transfer de petrol brut dintr-un rezervor de la provă în unul din zona centrală. Imediat o explozie s-a produs pe navă. Dintre cei 136 membri ai echipajului, 5 sunt uciși pe loc, printre care şi căpitanul navei Petros Grigorakakis. Încercarea de salvare a petrolierului eşuează şi toate cele 144 000 tone de petrol brut aflate în rezervoarele navei în acel moment s-au revărsat în mare. S-a înregistrat astfel cea mai mare catastrofă ecologică din Mediterana şi una din cele mai grave din lume. După o agonie de 72 de ore nava s-a scufundat.

În anul 1994, la trei ani de la catastrofă, Universitatea din Marsilia a desfăşurat o anchetă asupra poluării produse de Milford Haven şi conclude că nu se poate vorbi de condiții de mediu înconjurător care să favorizeze un proces natural de decontaminare. Un alt sondaj, un an mai târziu, releva cantități mult superioare de hidrocarburi conținute în stridii. Rapoarte trimise autorităților oficiale încă din 1991 relevau existența petelor de ulei cu o suprafață totală de peste 300 mile pătrate, totalizând 6500÷8700 mc de petrol brut.

Se poate evalua costul unei asemenea catastrofe ecologice a cărei urmări, după unele estimații ale specialiştilor de la Universitatea din Marsilia, nu vor putea fi remediate niciodată ?

Având în vedere cele specificate mai sus considerăm că însuşi ideea de a calcula costul poluării şi concluzia că acestea vor anihila efectul poluant al activităților umane este o poluare informațională. Ceea ce se cheltuie pentru aşa zisa înlăturarea a poluării sunt cheltuieli de curățenie care desigur sunt necesare şi justificate. Măsurile de depoluare sunt însă mult mai complexe şi evoluția evenimentelor din ultimele secole ne conduc la constatarea că nu sunt posibile, ci numai de atenuare a vitezei de poluare a mediului.

Gheorghe COMAN
CURRICULUM VITAE

M-am născut la 20 martie 1933, în Comuna Scorțaru Nou, Județul Brăila, într-o familie de țărani.

În 1960 am absolvit Facultatea de Mecanică din Institutul Politehnic "Gheorghe Asachi" Iaşi şi datorită situației şcolare foarte bune am fost încadrat în învățământ la Catedra de Tehnologia Metalelor din Facultatea de Mecanică, Institutul Politehnic "Gheorghe Asachi" Iaşi.

În perioada 1 octombrie 1961 – 1 octombrie 1964 am fost încadrat asistent la Catedra de Tehnologia Metalelor cu sarcini didactice la disciplinele: ***Tehnologie mecanică; Tehnologia materialelor; Studiul metalelor; Tehnologia construcției de maşini; Tehnologia fabricației maşinilor termice; Bazele tehnologiei construcției de maşini; Tehnologia matrițării şi ştanțării la rece; Atelier mecanic***.

În perioada 1 octombrie 1964 – 1 octombrie 1969 am fost încadrat asistent cu delegație de predare la Catedra de Tehnologia construcției de maşini şi Mecanică agricolă, cu sarcini didactice la disciplinele: ***Tehnologia construcției maşinilor-unelte; tehnologia construcției de maşini; Tehnologia matrițării şi ştanțării la rece***.

În perioada 1 octombrie 1969 – 9 februarie 1977 am fost încadrat şef de lucrări, prin concurs, la Catedra de Tehnologia construcției de maşini şi Mecanică agricolă, cu sarcini didactice la disciplinele: ***Tehnologia construcției maşinilor-unelte; Tehnologia construcției de maşini; Tehnologia reparării utilajului agricol; Procese tehnologice speciale; Tehnologia fabricării maşinilor***.

La 9 februarie 1977 am fost încadrat conferențiar, prin concurs, la Catedra de Tehnologia construcției de maşini şi mecanică agricolă cu sarcini didactice la disciplinele: ***Tehnologia construcției maşinilor-unelte; Tehnologii neconvenționale; Bazele cercetării experimentale***.

La 15 septembrie 1978 am fost încadrat conferențiar şef de catedră la Catedra de Tehnologia metalelor cu sarcini didactice la disciplinele: ***Tehnologia construcției maşinilor-unelte; Tehnologia materialelor; Studiul metalelor; Metalurgia pulberilor; Tehnologia fabricării şi reparării utilajului tehnologic***.

În 1982 am fost ales şef de catedră, iar în 1986 şi ianuarie 1990 am fost reales şef de catedră la Catedra de Tehnologia Metalelor, fiind în această funcție până la 1 octombrie 1990.

La disciplinele menționate am ținut prelegeri, am condus proiecte de an şi diplomă, am efectuat lucrări practice şi am condus cercuri ştiințifice studențeşti. Între 1977 şi 1980 am fost, în fiecare sesiune, membru în Comisia de Examen de Stat, iar între 1980 şi 1990 am fost, în fiecare sesiune, preşedinte de Comisie de Examen de Stat.

La disciplinele la care am avut sarcini didactice m-am preocupat permanent de îmbunătățirea continuă a prelegerilor prin introducerea noutăților ştiințifice, fiind permanent la curent cu noile descoperiri ştiințifice în domeniile respective pe plan mondial, introducerea unor lucrări de laborator cu un conținut ştiințifico-didactic cât mai complex, îmbunătățirea continuă a conținutului proiectelor de an şi diplomă, pe baza rezolvării unor teme ce interesau practica productivă din întreprinderile constructoare de maşini din țara noastră, precum şi prin efectuarea unor lucrări cu caracter teoretico-experimental în cadrul cercurilor ştiințifice studențeşti, preocupări puse în evidență de conținutul manualelor şi îndrumarelor elaborate pentru studenți, inclusiv cel de față.

Între 1990 - 1992 am colaborat la Universitatea Ecologică "Dimitrie Cantemir" în calitate de profesor asociat la disciplinele: ***Economia cercetării şi modernizării produselor industriale; Analiza valorii*** şi ***Statistica***.

Între 1992-1995 am colaborat la organizarea Universității "George Bacovia" Bacău fiind profesor asociat la disciplinele: ***Ecologie globală (Economia mediului), Analiza valorii*** şi ***Statistica***. Am îndeplinit şi funcția de Rector la autorizarea ei.

Din 1995 sunt profesor asociat la Universitatea Ecologică "Dimitrie Cantemir" Iaşi la disciplinele: ***Economia mediului; Analiza valorii; Ecologie spirituală*** şi ***Statistica***. La toate aceste discipline am manuale elaborate. Aceasta cred că este o obligație morală a oricărui cadru didactic, de a pune la dispoziția studenților propriul manual, conform cerinței elementare că nu este moral a fi exigent cu alții dacă nu eşti exigent cu tine însuți.

Din anul 2003 sunt profesor la Universitatea „Ştefan Lupaşcu" din Iaşi, la disciplinele: ***Ecologie spirituală; Economia mediului*** şi ***Statistica.***

La 15 martie 1975 am susținut teza de doctorat cu tema ***"Contribuții privind transferul erorii de bazare pe suprafața prelucrată la rectificarea fără centre cu bazarea semifabricatelor pe reazeme fixe"***, conducător ştiințific prof. dr. ing. Constantin Picoş.

Până în prezent activitatea mea ştiințifică este concretizată în următoarele realizări:

- peste 60 de cărți publicate: manuale, îndrumare, tratate, monografii (28 în edituri de interes național şi peste 30 de interes local, destinate activității didactice cu studenții);
- 52 de articole în reviste de specialitate din țară şi străinătate;

- 95 de lucrări comunicate la diferite sesiuni ştiinţifice tematice şi publicate în volume editate cu aceste ocazii;
- 3 recenzii;
- 4 descrieri de invenţii.

Începând cu anul 1969, toată activitatea mea ştiinţifică s-a desfăşurat pe bază de contracte de cercetare încheiate cu diferite întreprinderi constructoare de maşini din ţară. Am fost titular la circa 30 de contracte de cercetare ştiinţifică, cu o valoare de peste 10 milioane de lei (preţuri înainte de 1989).

Menţionez următoarele cărţi publicate în edituri de nivel naţional:

1. ***Probleme actuale ale finisării şi suprafinisării suprafeţelor pieselor de maşini. Finisarea pieselor de maşini*, Bucureşti, INID, 1973, vol.1, 124 p.**
2. ***Probleme actuale ale finisării şi suprafinisării suprafeţelor pieselor de maşini. Suprafinisarea suprafeţelor pieselor de maşini*, Bucureşti, INID, 1973, vol.2, 104 p.**
3. ***Calculul adausurilor de prelucrare şi al regimurilor de aşchiere*, Bucureşti, Editura Tehnică, 1974, 603 p.**
4. ***Tehnologia construcţiei de maşini. Probleme*, Bucureşti, Editura Didactică şi Pedagogică, 1976, 400 p.**
5. ***Normarea tehnică pentru prelucrări prin aşchiere*, Bucureşti, Editura Tehnică, vol.1, 1979, 336 p.**
6. ***Prelucrabilitatea prin aşchiere a aliajelor feroase*, Bucureşti, Editura Tehnică, 1981, 242 p.**
7. ***Normarea tehnică pentru prelucrări prin aşchiere*, Bucureşti, Editura Tehnică, vol.2, 1982, 208 p.**
8. ***Rulmenţi. Proiectare şi tehnologie*, Bucureşti, Editura tehnică, 1985, 391 p.**
9. ***Proiectarea tehnologiilor de prelucrare mecanică prin aşchiere. Manual de proiectare*, Vol.1, Chişinău, Editura Universitas, 1992, 640 p., ISBN 5-362-00970-2.**
10. ***Proiectarea tehnologiilor de prelucrare mecanică prin aşchiere. Manual de proiectare*, Vol.2, Chişinău, Editura Universitas, 1992, 408 p., ISBN 5-362-00971-0.**
11. ***Economia mediului*, Iaşi, Editura Moldovița, 1996, 348 p., ISBN 973-95206-2-8.**
12. ***Tehnologia proceselor productive*, Iaşi, Editura Moldovița, 1996, 200 p., ISBN 973-95206-3-8.**
13. ***Tehnologia fabricaţiei produselor industriale*, Târgu Mureş, Editura "Dimitrie Cantemir", 1999, 214 p., ISBN 973-8042-03-8.**
14. ***Analiza valorii*, Târgu Mureş, Editura "Dimitrie Cantemir", 2000, 340 p., ISBN 973 – 8042 – 09 – 7.**
15. ***Economia mediului*, Târgu Mureş, Editura "Dimitrie Cantemir", 2000, 290 p., ISBN 973- 99596 – 6 – 0.**

16. ***Statistică teoretică şi aplicată (pentru ştiinţe tehnice şi economice)*, Partea I-a şi Partea II-a, Editura „Dimitrie Cantemir", Târgu Mureş, 2000, 414 p., ISBN 973-98920-6-x.**
17. ***Managementul cercetării*, Editura „Dimitrie Cantemir", Târgu Mureş, 2000, 288 p. ISBN 973-8042-26-7.**
18. ***Tehnologia fabricaţiei produselor industriale*, Târgu Mureş, Editura "Dimitrie Cantemir", 2001, 233 p., ISBN 973-8042-27-5.**
19. ***Economia mediului*, Târgu Mureş, Editura "Dimitrie Cantemir", 2001, 290 p., ISBN 973- 99596 – 6 – 0.**
20. ***Analiza valorii*, Târgu Mureş, Editura "Dimitrie Cantemir", 2001, 363 p., ISBN 973 – 8042 – 09 – 7.**
21. ***Analiza valorii*, Iaşi, Casa de Editură VENUS, 2001, 295 p., ISBN 973 – 8174 – 38 – 4.**
22. ***Economia mediului*, Iaşi, Casa de Editură VENUS, 2002, 288 p., ISBN 973 – 8174 – 38 – 4.**
23. ***Statistica (probleme),* Iaşi, Casa de Editură Venus, 2002, 144 p., ISBN 973-8174-49-X.**
24. ***Statistica*, Iaşi, Casa de Editură Venus, 2002, 307 p., ISBN 973-8174-66-X.**
25. ***Statistica*, Iaşi, Casa de Editură Venus, 2003, 371 p., ISBN 973-8174-85-6.**
26. ***Ecologie spirituală*, Iaşi, Editura PIM, 2003, 306 p., ISBN 973-7967-36-4.**
27. ***Statistica*, Iaşi, Editura PIM, 2003, 384 p., ISBN 973 7967-39-9.**
28. ***Statistica (probleme),* Iaşi, Editura PIM, 2003, 210 p., ISBN 973-7967-50-2.**

Pentru calitatea activităţii didactice desfăşurată, prin ordinul ministrului nr. 7626 din 15 iunie 1987, mi s-a conferit titlul de "CONFERENŢIAR UNIVERSITAR EVIDENŢIAT".

În 1987 am primit Premiul "Aurel Vlaicu", acordat de Academia Română pentru lucrarea "***Rulmenţi. Proiectare şi tehnologie***", cu Diploma nr. 67 din 4 decembrie 1987.

De-a lungul timpului am avut diferite activităţi cu caracter obştesc de interes general pentru colectivităţile umane din care am făcut parte.

Între 1961-1964 am fost preşedintele Consiliului Uniunii Asociaţiilor Studenţilor din Institutul Politehnic Iaşi.

Între 1969 şi 1976 am făcut parte din Consiliul tehnico-economic al Întreprinderii de Rulmenţi Bârlad. Între 1977-1979 am făcut parte din Consiliul oamenilor muncii al Întreprinderii de Utilaje şi Piese de Schimb Botoşani, iar între 1979-1987 am făcut parte din Consiliul Oamenilor Muncii de la Întreprinderea Metalurgică Iaşi. În aceste calităţii am făcut parte din comisiile de prognoză şi cercetare ştiinţifică a unităţilor economice respective, contribuind la stabilirea priorităţilor privind asimilarea progresului tehnic pentru produsele realizate sau/şi procesele tehnologice utilizate în unităţile economice menţionate.

Am participat, temporar, în diferite comisii tehnico-economice având ca scop dezvoltarea tehnico-economică la diverse unităţi economice cum ar

fi: Întreprinderea de Utilaj Greu (CUG) Iaşi, Întreprinderea Mecanică "Nicolina" Iaşi, Întreprinderea de Material Rulant Paşcani şi altele.

Aşa cum am mai menționat, între 15 septembrie 1978 - 1 octombrie 1990 am fost şeful Catedrei de Tehnologia Metalelor de la Institutul Politehnic Iaşi având în răspundere organizatorică şi îndrumare ştiințifico-didactică profilul metalurgic înființat atunci la Facultatea de Mecanică, cu patru specializări: ***Tehnologia turnării; Tehnologia deformării plastice la cald şi tratamente termice; Utilaj tehnologic pentru turnarea metalelor; Utilaj tehnologic pentru deformare plastică şi tratament termic*** (învățământ de zi şi seral), cu circa 1500 de studenți.

Între 1987 şi 2003 am fost membru în Comisia Ştiința Materialelor a Academiei Române şi Preşedinte al Subcomisiei Ştiința Materialelor de la Academia Română - Filiala Iaşi. Am solicitat schimbarea mea din această responsabilitate din cauza vârstei înaintate.

Am fost organizator al diferitelor sesiuni ştiințifice pentru cadre didactice şi cercetători din unități de cercetare şi producție. Am făcut parte din diferite jurii naționale ale Conferințelor sau Simpozioanelor Naționale ale Cercurilor Ştiințifice Studențeşti şi membru ale unor Comisii ale M.E.I. de analiză a învățământului universitar în profil mecanic şi metalurgic. Am făcut parte, mai mulți ani, din comisia de admitere a Institutului Politehnic "Gheorghe Asachi" Iaşi şi de la Facultatea de Mecanică. Am fost membru în comisii de elaborare de subiecte pentru examenul de admitere în facultate.

Am făcut parte din diferite comisii ale M.E.I. pentru elaborarea sau îmbunătățirea de planuri de învățământ, programe analitice cadru, programe de perspectivă pentru dezvoltarea învățământului în România.

Din 1987 sunt expert tehnic pe lângă Tribunalul Iaşi.

Sunt coautor la următoarele invenții:

Certificat de Inventator nr.86.463 din 15.01.1985 pentru: "***Dispozitiv de superfinisare***".

Certificat de Inventator nr.92.850 din 27.05.1987 pentru: ***"Aparat pentru determinarea gradului de texturare a tabelelor***".

Certificat de Inventator nr.95.467 din 18.03.1988 pentru: ***"Procedeu de obținere a fontelor cu proprietăți fizico-mecanice superioare"***.

Certificat de Inventator nr.96.3312.11.1986 pentru: ***"Cap de forjare orbitală"***.

Posed Atestat editorial nr. 543 din 18.VI.1992, eliberat de Ministerul Culturii.

Ca urmare afirmării pe linie ştiințifică sunt menționat în:

Dictionary of Interantonal Biography, volume XVIII, publication October 1983, Cambridge, England.

International Who's in Who in Engineering, 1982/1983, Cambridge, England.

5.000 Personalities of the World, Edition Two, 1987, Published by the American Biographical Institute.

The International Directory of Distinguished Leadership, American Biographical Institute, Inc., Millenium Edition, 2000.

Dicționarul specialiştilor. Un "WHO'S WHO" în știința şi tehnica românească. Vol.1, Bucureşti, Editura Tehnică, 1995.

Ianuarie 2004

DETERMINISM Şi CAUZALITATE ÎN ŞTIINȚELE MODERNE ALE NATURII[16]

Rezumat. De peste un secol lumea ştiinţifică este divizată din punctul de vedere al credibilităţii în conceptele de determinism şi cauzalitate în trei categorii: în existenţa universală a determinismului; în existenţa universală a indeterminismului; în existenţa parţială a determinismului şi anume numai în domeniul fizicii clasice, bazată pe modelul mecanic newtonian. Ideea determinismului absolut în desfăşurarea evenimentelor fizice a fost zdruncinată începând cu a doua jumătate a secolului al XIX-lea de cercetarea fenomenelor calorice, finalizate prin a evidenţia *natura statistică* a celui de-al doilea principiu al termodinamicii, de către Ludwig Boltzmann. Însă, Lovitura de graţie în *interiorul fizicii* o primeşte determinismul mecanic din partea creatorilor mecanicii cuantice. Câteva caracteristici fundamentale ale mecanicii cuantice încă din primele decenii ale constituirii sale obligau la părăsirea modelului determinist propriu fizicii clasice. Dar, după zeci de ani de confruntări, se ajunge din nou la reconsiderarea determinismului în fizică şi, în general, în studiul fenomenelor naturii şi vieţii sociale. În lucrare evidenţiem necesitatea reevaluării conceptelor de determinism şi cauzalitate.

1. Determinismul clasic

Bazele ştiinţifice ale determinismului în fizica clasică au fost puse prin cele trei legi ale mecanicii newtoniene privind deplasarea corpurilor în natură şi care pot fi enunţate în felul următor:

1. Un corp ori va rămâne în repaus, ori îşi va continua mişcarea sa uniformă în linie dreaptă, atâta vreme cât asupra lui nu acţionează forţe externe neechilibrate. Prin urmare, mişcarea naturală şi fără constrângere este o mişcare uniformă în linie dreaptă. Formularea originală a acestei prime legi newtoniene este: „**Orice corp îşi continuă starea sa de repaus sau de mişcare uniformă în linie dreaptă până când este obligat să-şi modifice această stare de forţe imprimate asupra lui"** (Un corp în repaus are o viteză constantă egală cu zero).
2. Legea doua a dinamicii a lui Newton este afirmaţia cantitativă de care este nevoie pentru a conecta forţa care acţionează asupra corpului cu modificarea stării de mişcare produsă în acel corp sau, conform definiţiei newtoniene: **„Modificarea mişcării este proporţională cu forţa motorie imprimată; şi ea are loc în direcţia liniei drepte pe care acţionează forţa"**. Într-un sens, această definiţie conţine întreaga mecanică clasică. Dacă masa **m** este constantă, ceea ce se întâmplă foarte des în aplicaţii, atunci se poate scrie această lege sub forma familiară: **F = m.a**. Despre

[16] Lucrare prezentată de autor la conferinţa ştiinţifică internaţională din 8-9 octombrie 2003, de la Facultatea de Filozofie, din Universitatea de Stat din Chişinău.

această ecuația se impun două mențiuni. Mai întâi, trebuie menționat că ecuația sub forma cunoscută se datorează matematicianului elvețian Leonhard Euler (1707-1783) care, în 1752, a apreciat importanța şi aplicabilitatea generală a relației **F = m.a**. El a fost primul care a considerat această relație **principiul fundamental al mecanicii**. În al doilea rând, întrucât relația menționată implică accelerația **a**, este nevoie de un sistem de coordonate (sau sistem de referință) în raport cu care se măsoară şi care nu este el însuşi accelerat. Acest sistem se numeşte, în mecanică, **sistem inerțial**.

3. Legea treia a lui Newton afirmă că atunci când un corp exercită o forță asupra altui corp, acest alt corp reacționează asupra primului cu o forță egală ca mărime dar opusă ca sens celei dintâi. Această lege afirmă că forțele apar întotdeauna în perechi. Newton a formulat această lege astfel: **„Fiecărei acțiuni i se opune întotdeauna o reacțiune egală; sau, acțiunile reciproce a două corpuri, unul asupra celuilalt, sunt întotdeauna egale şi orientate în sensuri opuse"**.

Pentru mai mult de 200 de ani, prin mulțimea experimentelor efectuate asupra tuturor subiectelor accesibile din natura macroscopică, legile lui Newton au fost luate în considerare de fizicieni, ca legi cărora li se supuneau toate fenomenele din lumea fizică. Ele au avut succes în explicarea tuturor mişcărilor, de la cele ale planetelor până la cele ale moleculelor într-un gaz. Acest succes universal a condus spre o răspândită credință în principiul determinismului, **care presupunea că, dacă starea unui sistem (chiar atotcuprinzător, precum universul) este cunoscută la un anumit moment, starea sistemului la orice moment viitor poate fi prevăzută în mod precis**.

Spre sfârşitul secolului al XVIII-lea, pe baza acestor legi newtoniene, se formulează filozofic determinismul absolut şi astfel autosuficiența universului mecanic devenise crezul multora. Determinismul clasic a fost formulat cu tărie de Laplace, marele matematician şi astronom teoretician care a perfecționat calculele din teoria probabilităților şi le-a utilizat pentru a pleda în favoarea stabilității sistemului solar. În lucrarea sa *Eseuri filozofice despre probabilități*, Laplace îşi exprimă astfel opiniile: **„Toate evenimentele, chiar şi cele care, datorită neînsemnătății lor, nu par să asculte de marile legi ale naturii, sunt rezultatul acestora într-un mod la fel de necesar ca şi revoluțiile soarelui. Prin necunoaşterea legăturilor dintre astfel de evenimente şi întregul sistem al universului, ele au fost atribuite unor cauze finale sau de hazard, după cum apar şi se repetă regulat sau apar fără nici un respect pentru ordine; dar aceste cauze imaginare au dat înapoi treptat odată cu lărgirea limitelor cunoaşterii şi dispar cu totul în fața unei filozofii trainice, care vede în ele numai expresia ignoranței noastre în ceea ce priveşte adevăratele cauze. Evenimentele actuale sunt conectate cu cele anterioare printr-o legătură bazată pe principiul evident că un lucru nu poate apărea fără o**

cauză care îl produce. Această axiomă, cunoscută sub numele de principiul cauzalității, se extinde chiar şi la acțiuni care sunt considerate neutre... Ar trebui atunci să considerăm că starea actuală a universului este efectul stării sale anterioare şi cauza celei ce va urma. Analog, în introducerea la ediția din 1814 a *Teoriei analitice a probabilităților* scrie: ***„Trebuie deci să privim starea prezentă a universului drept efectul stării lui anterioare şi cauză a stării următoare. O inteligență care ar cunoaşte într-un moment dat toate forțele de care este influențată natura şi poziția respectivă a lucrurilor care o compun, care ar fi de altfel destul de vastă pentru a supune aceste date analizei, ar cuprinde în aceeaşi formulă mişcările celor mai mari corpuri din Univers şi ale celui mai uşor atom; pentru ea nimic nu ar fi nesigur şi viitorul ca şi trecutul ar fi prezente în fața ochilor ei"***.

Conform principiului determinismului clasic avem deseori tendința să considerăm mecanica clasică newtoniană o garanție paradigmatică a credinței într-un univers complet determinist (care funcționează ca un ceasornic mecanic).

2. Descoperirile din microfizică au influențat concepțiile deterministe

Descoperirile din microfizică de la sfârşitul secolului al XIX-lea şi începutul secolului al XX-lea, îndeosebi teoria cuantica a lui Max Planck, au schimbat complet concepțiile despre determinism statuate pe baza mecanicii newtoniene.

Ca urmare a unor observații precise, în anul 1900, Max Planck a ajuns să descopere că lumina este rezultatul unui mecanism de oscilație a atomilor care nu se dezvoltă într-un mod progresiv şi continuu, ci, din contră, prin „salturi succesive", adică după un proces discontinuu, care începe cu absorbția de către atom a unei anumite cantități de energie. „**Radiația** – enunța el – **trebuie emisă sau absorbită prin «porții» sau cuante**". El a arătat că energie cuantei poate fi evaluată cu ajutorul expresiei:

$$E = h.\nu$$

în care **E** est energia; ν - frecvența radiației; **h** – o mărime convențională, denumită „constanta lui Planck", care este egală cu $\mathbf{6,62x10^{-27}}$ ergi/s (sau $\mathbf{h = 6,625.10^{-34}\ J.s}$).

Teoria cuantică porneşte de la câteva idei esențiale care sunt:

1. În primul rând, fizica cuantică consideră că toate sistemele materiale posedă o caracteristică principală: dualitatea undă-particulă. Astfel, electronii - care în fizica clasică, newtoniană, acționau ca particule, pot, în condiții speciale, să se comporte ca unde, respectând legile electromagneticii şi nu cele ale mecanicii.

2. Toate acțiunile care au loc în fizică pot fi măsurate, iar cele mai mici unități energetice, care nu mai pot fi subdivizate sunt "cuantele" (de aici şi denumirea de fizică cuantică). De exemplu, un atom poate face un salt de la o stare la alta, fără a trece prin stadiile intermediare, cu emisia unei cantități cuantice de energie luminoasă. Când particulele interacționează, este ca şi cum ele ar fi conectate prin legături invizibile la un întreg. Pe scară

largă, aceste conexiuni invizibile sunt atât de multe încât analiza lor devine probabilistă.

3. În al treilea rând, există o proprietate stranie de "ne-localizare" cuantică. Aceasta înseamnă că particule aflate la distanțe macroscopice unele de altele (de exemplu mii de kilometri) pot să interacționeze unele cu altele într-un mod ciudat, ca şi cum ar fi inter-conectate, însă legătura dintre ele este necunoscută. Este ca şi cum ar exista un "întreg" care coordonează prin metode necunoscute fiecare părticică din univers. Bohr şi Heisenberg au dezvoltat această idee, demonstrând că nu se pot face observații obiective, întrucât observatorul, prin acțiunea sa de observare, modifică starea cuantică a sistemului observat. Aplicată la un caz concret, înseamnă că simpla îndreptare a atenției către o floare modifică la nivel cuantic starea acelei flori !.

În fizica cuantică, nu intensitatea unui câmp energetic cuantic contează, ci forma, structura sa. Astfel, chiar şi cel mai infinitezimal câmp cuantic poate afecta o particulă, modificându-i starea. Nu intensitatea contează în noua fizică, ci existența sau inexistența acelui câmp cuantic. O forță nu trebuie neapărat să fie activă, ea poate exista şi ca potențial, acest potențial fiind esențial pentru fizica cuantică.

Din punct de vedere fizic, **s-a constatat că lumina se comportă fie ca o undă, fie ca un flux de corpuscule**. Ulterior, prin Louis de Broglie, această concluzie a fost extinsă la orice particulă din natură. Deci, orice particulă materială prezintă un comportament dual, ca o undă şi flux de corpuscule.

După Louis de Broglie[17] „**corpusculul este un fel de singularitate în sânul unui fenomen ondulatoriu întins, al cărui centru este corpusculul**".

Formula lungimii de undă echivalentă unei particule în mişcare este: $\lambda = \mathbf{h/(m.}\nu)$ Această „undă de materie" nu este o radiație electromagnetică, cu toate că ar putea să aibă aceleaşi lungimi de undă ca şi lumina vizibilă sau invizibilă.

Unda căreia i s-a dat denumirea de Ψ (psi, din alfabetul grec) are lungimea de undă $\lambda = (c^2/v).(h/E) = h/p$; **p** fiind cantitatea de mişcare, **h** – constanta lui Planck, $\mathbf{E = m.c^2}$ – energia, **v** – viteza particulei, **c** – viteza luminii.

Cele două formule ale mecanicii ondulatorii se scriu:

$$E = h.\upsilon \qquad\qquad p = \frac{h}{\lambda}$$

şi ele leagă mărimile corpusculare **E** şi **p**, cu mărimile ondulatorii ν şi λ.

Louis de Broglie consideră că „unda" însoțeşte sau este ataşată corpusculului, iar în mecanica ondulatorie a lui Schrödinger, drept „reale"

---

[17] Encyclopédie française, tom II, Fizică, cap.2.

sunt considerate numai undele. Schrödinger precizează: „**Numai undele pot avea o semnificație fizică, iar propagarea lor dă loc, în anumite cazuri, unor aparențe corpusculare**".

Referindu-se la această modelare a fenomenelor în microfizică, Louis de Broglie scrie: „**Armată numai cu unda sa Ψ, interpretarea uzuală a mecanici ondulatorii n-a putut menține ideea tradițională potrivit căreia corpusculi descriu în spațiu o traiectorie bine definită, având în fiecare punct al acestei traiectorii o viteză bine determinată**". Această concepție nu i s-a mai părut valabilă decât în cazuri limită, foarte particulare. De aceea, mecanica ondulatorie a fost silită, în mod necesar, să ia o formă „probabilistă".

Această transformare a avut mai multe urmări şi, în special, înlocuirea legilor deterministe ale mişcărilor corpusculare, folosite în mecanica clasică, prin formulări probabiliste degajate inițial din lucrările lui Schrödinger şi din cercetările lui Max Born.

Au venit apoi relațiile de incertitudine ale lui Werner Heisenberg, din care a decurs observația făcută de Bohr şi Heisenberg că este imposibil să se cunoască simultan poziția şi starea de mişcare a unui corpuscul. În observarea unui fenomen la scara microcosmosului, cu cât este definită mai bine poziția, cu atât mai mare este incertitudinea asupra cantității de mişcare, şi invers.

Acest fapt poate fi exprimat sub formă cantitativă, bazându-ne pe proprietățile matematice ale reprezentării grupurilor de unde prin integralele lui Fourier.

Se demonstrează astfel că dacă $\Delta\mathbf{x}$, $\Delta\mathbf{y}$ şi $\Delta\mathbf{z}$ indică dimensiunile unui grup de unde de-a lungul a trei direcții rectangulare, componentele monocromatice ale acestui grup de unde ocupă întotdeauna un interval spectral astfel ca să existe în ordine de mărime:

$$\Delta x.\Delta p_x \geq h \qquad \Delta y.\Delta p_y \geq h \qquad \Delta z.\Delta p_z \geq h$$

adică „relațiile de incertitudine".

Inegalitatea $\Delta E.\Delta t \geq h$ este complementul celor trei inegalități precedente: ΔE reprezintă incertitudinea minimă care subzistă asupra valorii energiei la sfârşitul unei măsurări a acestei mărimi care a durat un timp Δt .

Interpretarea corectă a relațiilor de incertitudine a fost formulată de fizicianul german Max Born în 1926, care a presupus că unda (de fapt, pătratul amplitudinii undei în fiecare punct din spațiu) reprezintă **probabilitatea** cu care particula va apare în acel punct din spațiu, specificat, **dacă este făcut un experiment pentru a măsura localizarea particulei**. Această interpretare introduce două caracteristici ale mecanicii cuantice, extrem de importante:

1. Din teorie putem calcula numai probabilități, nu şi certitudini (teoria este probabilistă, nu deterministă sau, mai bine zis, altfel

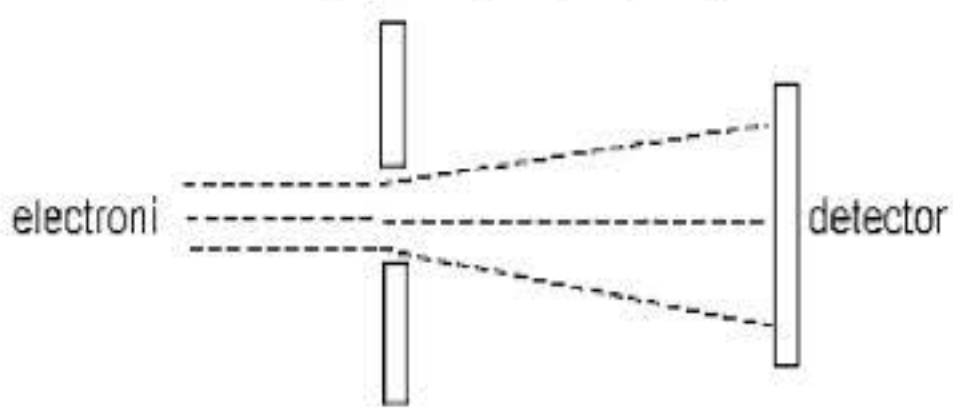
deterministă). De fapt însuşi Max Born scrie: **„...dacă într-un anumit proces condiţiile iniţiale sunt determinate atât de exact pe cât permit relaţiile de incertitudine, atunci probabilităţile tuturor stărilor ulterioare posibile sunt guvernate de legi exacte".**

2. Teoria ne spune numai probabilitatea de a găsi ceva numai dacă căutăm, nu şi probabilitatea de a găsi acelaşi lucru dacă nu căutăm (nu există realitatea obiectivă a materiei, de exemplu, materia nu există independent de observator şi de observaţii).

3 Incertitudine şi complementaritate

Aşa cum a propus Bohr, teoria cuantică este în mod intrinsec probabilistă, căci în cele mai multe cazuri ea nu poate prevedea rezultatele observaţiilor individuale. Totuşi, ea este deterministă prin faptul că poate prevedea în mod exact probabilităţile cu care vor fi obţinute rezultate specifice. Unda lui Schrödinger este o **undă de probabilitate** şi nu o undă ce transportă forţă, energie şi impuls, precum unda electromagnetică. Ecuaţia lui Schrödinger ne permite să calculăm în mod precis unda în toate punctele din spaţiu şi în orice moment de timp viitor dacă noi cunoaştem unda în toate punctele din spaţiu în momentul iniţial. În acest sens, chiar teoria cuantică este complet deterministă. Un alt mod de a spune aceasta este că ea poate prevedea media valorilor cantităţilor măsurate, precum poziţia, viteza, energia sau numărul de fotoni emişi ori absorbiţi pe unitate de timp, atunci când este realizat un număr mare de măsurători în sisteme identice. Pentru o singură măsurătoare nu se pot prevedea exact rezultatele, cu excepţia unor cazuri speciale. Acest comportament aleatoriu nu este o greşeală a teoriei, ci este o proprietate intrinsecă a naturii.

O altă trăsătură a lumii cuantice, lumea obiectelor microscopice, este aceea că în mod intrinsec este imposibil de măsurat simultan poziţia şi impulsul unei particule. Acesta este celebrul principiu al incertitudinii al lui Heisenberg, care a derivat din folosirea regulilor de înmulţire a matricelor, pe care le-a utilizat pentru poziţie şi impuls. De exemplu, un aparat proiectat să măsoare cu o anumită precizie poziţia unui electron, este prezentat în schema următoare. Orificiul din perete garantează că poziţiile electronilor ce trec prin el sunt în interiorul orificiului şi nu în afara lui.



Aşa deci, aceasta nu diferă de fizica clasică. Totuşi, teoria cuantică spune că dacă noi cunoaştem poziţia electronului în interior, cu o precizie $\Delta \mathbf{q}$ (diametrul orificiului), atunci cunoaşterea impulsului în acel punct este limitată la o precizie $\Delta \mathbf{p}$, astfel încât: $\Delta \mathbf{p} \cdot \Delta \mathbf{q} \geq \mathbf{h}$ (relaţia de incertitudine a lui Heisenberg)

Cu alte cuvinte, cu cât cunoaştem mai precis poziția electronului (cu cât este mai mic Δ**q**), cu atât cunoaştem mai puțin impulsul (cu atât este mai mare Δ**p**). Să ne reamintim că impulsul este **(masa)x(viteza)**, deci incertitudinea impulsului este echivalentă cu o incertitudine în viteză. Incertitudinea în poziție este în aceeaşi direcție cu incertitudinea în viteză. În desenul de mai sus, incertitudinea în poziție este o incertitudine verticală. Aceasta înseamnă că incertitudinea în viteză este de asemenea o incertitudine verticală. Ea este reprezentată mai curând prin liniile divergente (date de o cantitate incertă) după ce electronii ies din orificiu (o poziție verticală incertă), decât rămânând paralele, aşa cum sunt cele din stânga.

De asemenea, un experiment proiectat să măsoare impulsul cu o anumită precizie, nu va fi capabil să localizeze poziția particulei cu o precizie mai bună decât cea pe care o permite relația de incertitudine.

De observat este faptul că în relația de incertitudine, dacă membrul din dreapta este egal cu zero, atunci atât Δ**p** cât şi Δ**q** pot fi zero. Aceasta este prezumția fizicii clasice, care spune că dacă particulele urmează traiectorii paralele la stânga, ele nu vor fi perturbate de orificiu şi vor urma traiectorii paralele la dreapta.

Dacă împărțim la masa **m** a particulei, ambii membri ai relației de incertitudine, obținem:

$$\Delta \mathbf{v} \cdot \Delta \mathbf{q} \geq \mathbf{h/m}$$

Aici vedem că incertitudinile în viteza **v** sau poziția **q** sunt invers proporționale cu masa particulei. De aceea, un mod de a face membrul drept egal cu zero este de a mări foarte mult masa. Atunci când se introduc numerele în această relație, se constată că incertitudinile sunt semnificative numai atunci când masa este microscopică, iar pentru o masă macroscopică, incertitudinea este atât de mică încât ea este nemăsurabilă.

Relația de incertitudine este înrudită îndeaproape cu principiul complementarității, care a fost pentru prima dată enunțat de Bohr. **Principiul complementarității afirmă că obiectele cuantice au atât natură de particulă cât şi de undă, şi încercarea de a măsura cu precizie proprietatea de particulă va avea tendința de a face proprietatea de undă nedefinită, în timp ce încercarea de a măsura cu precizie proprietatea de undă va avea tendința de a face proprietatea de particulă nedefinită**. Cu alte cuvinte, proprietățile de particulă şi cele de undă sunt proprietăți complementare. Exemple ale proprietăților de particulă sunt impulsul şi poziția. Exemple ale proprietăților de undă sunt lungimea de undă şi frecvența. Complementaritatea undă–particulă este echivalentă cu complementaritatea impuls–poziție.

Relațiile de incertitudine, stabilite de Werner Heisenberg, reliefa deci limitele aplicabilității legilor fizicii clasice în microcosmos, natura deosebită a microobiectelor.

În esență, datorită naturii corpuscular-ondulatorii a microobiectelor, comportamentul acestora din urmă se deosebea calitativ de comportamentul punctelor materiale din mecanica clasică. Natura corpuscular-ondulatorie a microobiectelor era răspunzătoare, în ultimă instanță de *comportamentul*

statistic al obiectelor studiate de mecanica cuantică. Cauzele statisticității comportamentului au fost, în general, căutate atât în structura internă a microobiectelor, cât şi în interacțiunile de tip micro şi macro cu aparatele experimentale.

Interpretarea statistică a proceselor din mecanica cuantică a însemnat *respingerea determinismului rigid*. Această respingere s-a făcut inițial în numele *indeterminismului absolut*, teoretizat mai cu seamă de orientări filozofice extremiste care căutau sprijin pentru pozițiile lor la temelia constituenților materiei.

Grăitoare din acest punct de vedere poate fi evoluția interpretărilor lui Niels Bohr şi Werner Heisenberg, principalii reprezentanți ai interpretării cunoscute sub denumirea de "şcoala de la Copenhaga". **În esență, şcoala de la Copenhaga pleacă de la constatarea firească a faptului că noile date de experiență impun renunțarea la conceptul de cauzalitate mecanică şi al determinismului clasic, impunând deci o nouă interpretare**.

O examinare mai atentă a pozițiilor teoretice susținute de aceşti doi creatori de şcoală relevă însă un sâmbure viabil de interpretare, şi anume conştiința nevoii de a păşi pe calea interpretării dialectice în mai multe direcții prin sublinierea *varietății calitative a cauzalității* în fizică, deci prin sublinierea *deosebirilor* în procesele de generare din fizica microcosmului în raport cu cercetarea macrocosmosului. La teza diferențelor calitative ale relațiilor cauzale se adaugă apoi teza rolului important pe care îl joacă factorul întâmplător în domeniul cuantic şi, de aici, cea a decalajului existent între stările potențial-posibile şi cele reale. Rolul crescând al factorilor întâmplători apărea clar mai ales prin reliefarea faptului (tipic pentru şcoala de la Copenhaga) că *legile statistice sunt esențiale* în mecanica cuantică. Toate acestea s-au concentrat într-o interpretare ce se declara *indeterministă*, pentru că la temelia sa era aşezat *comportamentul întâmplător* al microobiectelor. În spirit indeterminist, legea statistică era teoretizată ca lege a întâmplătorului total, opusă determinismului (atât în explicarea localizării particulelor elementare, cât şi a momentului dezintegrării atomice).

Ca o reacție la interpretările indeterministe au apărut tendințele deterministe în diverse variante, fie aceea a reînvierii determinismului tradițional în fond (Louis de Broglie, J.P. Vigier, David Bohm), fie tendința de a dezvălui aspectele complexe de determinare, de ordine, dar într-o împletire reală cu cele de hazard, de dezordine, într-un *determinism statistic*, cu încercarea de a teoretiza, alături de semnificațiile deterministe ale legii *statistice*, şi pe cele ale *cauzalității statistice*.

Aceste interpretări din urmă insistau asupra *caracterului obiectiv* al statisticității fenomenelor din microcosmos şi asupra *esențialității* comportamentului probabilistic, *esențialitate* înțeleasă ca ireductibilitate la comportamentul dinamic (aşa cum presupunea direcția deterministă tradiționalistă).

Desigur, interpretarea determinist-statistică este net superioară determinismului rigid, ea luând în considerare şi aspectele întâmplătorului. Dar ea nu oferă suficiente temeiuri pentru a identifica *determinismul teoretic global cu cel statistic*. Determinismul *statistic* constituie un aspect al determinismului global, dar el nu elimină cu totul din existență pe cel dinamic. În corelarea dintre ele stă tocmai superioritatea modului de gândire dialectic.

Urmare comportamentului dual al particulelor, Niels Bohr a enunțat principiul complementarității prin formularea: „**Cele două aspecte, corpuscular şi ondulatoriu, fie ale particulelor în mişcare, fie ale radiațiilor, sunt formele aceloraşi realități**". Astfel, în mecanica cuantică, electronul nu este nici particulă şi nici undă; aspectele corpusculare sau ondulatorii sub care avem posibilitatea să-l observăm sunt aspectele complementare ale unui fenomen, ale cărui caracteristici reale ne scapă.

4. Din nou despre ipoteza determinismului universal

După atâtea decenii de discuții aprinse asupra determinismului şi cauzalității, tot mai mulți fizicieni, mai ales din domeniul fizicii aplicate, consideră existența universală a determinismului ca o realitate incontestabilă. **Nu se pot obține rezultate obiective în creația umană fără credința în determinism. Nu se poate concepe clădirea creației din macrocosm pe indeterminismul sau haosul din microcosm.**

Omul este în măsură să acționeze deoarece el are capacitatea de a descoperi relații deterministe, care generează schimbarea şi devenirea universului. Acțiunea necesită şi presupune categoria de determinism şi cauzalitate. **Numai un om care vede lumea în lumina determinismului şi cauzalității este în măsură să acționeze**. În sensul acesta putem afirma despre cauzalitate că este o categorie a acțiunii. Categoria *mijloace şi scopuri* presupune categoria *cauze şi efecte*. Într-o lume fără cauzalitate şi regularitate a fenomenelor, n-ar exista nici un domeniu al deliberării umane şi al acțiunii umane. O asemenea lume ar fi un haos în care omul ar fi neputincios să găsească orice fel de orientare şi îndrumare. Omul nu este nici măcar capabil să-şi imagineze condițiile unui asemenea univers haotic.

Acolo unde omul nu vede nici un fel de relație cauzală el nu poate acționa. Această afirmație nu este reversibilă. Chiar dacă cunoaşte relația cauzală în chestiune, omul încă nu poate acționa dacă nu este în măsură să influențeze cauza.

Arhetipul cercetării cauzale a fost: unde şi cum trebuie să intervin pentru a modifica mersul evenimentelor de pe calea pe care ar urma-o în absența intervenției mele, într-o direcție care se potriveşte mai bine dorințelor mele. În sensul acesta ridică omul întrebarea: cine sau ce se află la originea lucrurilor ? El caută regularitatea şi "legea" deoarece doreşte să intervină. Abia mai târziu a fost această cercetare interpretată de către metafizică mai larg, ca o căutare a cauzei ultime a ființei şi a existenței. A

fost nevoie de secole pentru a readuce aceste idei exagerate şi extravagante îndărăt, la întrebarea mai modestă: unde trebuie sau ar trebui să intervină cineva pentru a-şi atinge ţelul ?

Tratamentul acordat problemei cauzalităţii în ultimele zeci de ani, datorită unei confuzii provocate de anumiţi fizicieni eminenţi, a fost mai degrabă nesatisfăcător.

Există modificări ale căror cauze sunt, cel puţin în momentul actual, necunoscute. Uneori reuşim să dobândim cunoştinţe parţiale, astfel încât suntem în măsură să spunem, în 70% din toate cazurile A are drept consecinţă pe B, iar în celelalte cazuri pe C, sau chiar pe D, E, F, ş.a.m.d. Pentru a substitui aceste informaţii fragmentate cu o informaţie mai precisă, ar fi necesar să divizăm pe A în elementele sale componente. Câtă vreme nu putem realiza aceasta, trebuie să ne mulţumim cu ceea ce se numeşte o lege statistică. Dar aceasta nu afectează semnificaţia praxeologică a cauzalităţii. Ignoranţa totală sau parţială a anumitor domenii nu anihilează categoria de cauzalitate.

Problemele filozofice, epistemologice şi metafizice ale cauzalităţii şi ale inducţiei imperfecte se situează în afară domeniului praxeologiei. Noi nu trebuie decât să stabilim faptul că, pentru a acţiona, omul trebuie să cunoască relaţia cauzală dintre evenimente, procese, sau stări de lucruri. Şi numai în măsura în care el cunoaşte această relaţie poate acţiunea să-şi atingă scopul urmărit. Suntem pe deplin conştienţi că afirmând aceasta ne mişcăm într-un cerc, deoarece dovada că am perceput corect relaţia cauzală este furnizată numai de faptul că acţiunea ghidată de această cunoaştere are drept consecinţă rezultatul anticipat. Dar nu putem evita acest cerc vicios, deoarece cauzalitatea este o categorie a acţiunii. Şi pentru că este o asemenea categorie, praxeologia nu poate evita acordarea unei anumite atenţii acestei probleme fundamentale a filozofiei. Ca atare, **cauzalitatea este o condiţie preliminară a acţiunii umane**.

5. Argumente în favoarea determinismului universal

Apariţia mecanicii cuantice prin ecuaţia Ψ lui Ludwig Schrödinger şi ecuaţia $\Delta \mathbf{v}.\Delta \mathbf{q} \geq \mathbf{h/m}$ de incertitudine a lui Werner Heisenberg a fost însoţită de emiterea ipotezei negării existenţei determinismului în domeniul microcosmosului. Au fost emise şi ipoteze de extremă de către Max Born care nega total existenţa determinismului atât în macrocosm cât şi în microcosm şi de către David Bhom care considera existenţa determinismului atât în macrocosm cât şi în microcosm.

Să amintim că, în 1954, Max Born a primit Premiul Nobel pentru fizică ca urmare cercetărilor efectuate în domeniul mecanicii statistice şi, deci, pentru cercetări care au confirmat ipotezele indeterministe ale acestuia. Dar, spre surprinderea generală, încălcând tradiţia, Albert Einstein nu-l felicită pe noul laureat al Premiului Nobel pentru fizică. Întrebat de către ziarişti, de ce nu i-a trimis felicitări lui Max Born, Einstein le-a răspuns simplu:

Dumnezeu nu joacă zaruri. Desigur, Einstein avea în vedere şi cercetările în domeniu ale lui David Bhom, publicate în 1952.

O influenţă deosebită în interpretarea indeterministă a modelelor dinamice din fizica microcosmosului a avut-o interpretarea de la Copenhaga care **„consideră că fundamentele oricărei interpretări fizice sunt lucrurile şi procesele descriptibile cu ajutorul conceptelor clasice, adică realul"**[18]. Ori, **„A cere cuiva să descrie ceea ce «se petrece» în procesele cuantice, între două observaţii succesive, este o contradicţie in adjecto, deoarece cuvântul «a descrie» se referă la folosirea conceptelor clasice, în timp ce aceste concepte nu pot fi aplicate pentru intervalele care despart două observaţii, ci numai în punctele de observaţie"**[19].

Rezultă că Heisenberg face menţiunea că interpretările asupra ceea ce se întâmplă în microcosm se bazează numai „interacţiunea obiectului cu dispozitivul de măsurare", neglijându-se ceea ce se întâmplă „între două observaţii succesive", ori, de aici, unele aproximări ale concluziilor privind indeterminismul proceselor din microcosm. Anterior însăşi Immanuel Kant a putut afirma un lucru care dă socoteală pentru toată cultura noastră: „**Ştiinţele nu s-au constituit decât în clipa când au devenit conştiente că raţiunea nu află de la lucruri decât ceea ce pune ea în ele**."

Interpretarea de la Copenhaga, prin autoritatea ştiinţifică a celor care au emiso, a guvernat fizica timp de şase decenii şi ea a fost făcută sub influenţa profundă a ideilor dominante din fizica clasică, bazate pe modelul mecanicii newtoniene. Însă, **„Fizica clasică nu este o teorie ştiinţifică fundamentală. Ea eşuează la nivelul fenomenelor atomice şi a fost înlocuită de teoria cuantică. Dar, legile cuantice, spre deosebire de legile clasice, sunt nedeterministe; ele stabilesc nu ceea ce se întâmplă de fapt ci doar probabilităţile cu care diferite lucruri s-ar putea întâmpla"**[20].

În faţa acestui impas, la început s-au conturat două direcţii de abordare a problemei în vederea ieşirii din labirint. Prima, sub influenţa mentalităţii anterioare, a constat în încercarea de a pune de acord noua descoperire cu legile fizicii clasice.

După cum menţionează Max von Laue[21] despre Max Planck: ***„După 1900, Planck, s-a străduit, timp de mulţi ani, să umple prăpastia dintre fizica veche şi cea cuantică sau, cel puţin, să arunce o punte între ele. El a eşuat, totuşi încercarea sa a fost valoroasă, căci abia astfel s-a ajuns la convingerea imposibilităţii de a arunca această punte"***.

---

[18] Werner Heisenberg, *Physique et philosophie*, Paris, Ed. Albin Michel, 1961, p.165.
[19] Werner Heisenberg, *Physique et philosophie*, Paris, Ed. Albin Michel, 1961, p.164.
[20] Stapp Henry, *Raţiune, materie şi mecanică cuantică*, Bucureşti, Editura Tehnică, 1998, p.246.
[21] Max von Laue, *Istoria fizicii*, Bucureşti, Editura Ştiinţifică, 1963, p.193.

A doua cale a fost de a aduce anumite corecții modelelor matematice care reprezintă o interpretare reducționistă a mecanicii cuantice, elaborate de Werner Heisenberg şi Erwin Schrödinger, prin punerea lor de acord cu dinamica newtoniană. Pe această a doua cale a mers David Bhom. În 1952 David Bhom a propus un model al universului fizic care să explice predicțiile teoriei cuantice într-o manieră esențialmente mecanică. Una dintre ipotezele cheie era existența unui sistem de referință preferențial aflat în repaus. Acest sistem de referință defineşte acele „acum-uri instantanee" şi permite introducerea unei acțiuni instantanee la distanță. Cea de-a doua ipoteză cheie este aceea că „***distribuția de probabilitate" care apare în teoria cuantică există ca un fapt real în chiar natura însăşi nu doar ca o construcție în mintea oamenilor de ştiință***. În fizica clasică distribuția de probabilitate este doar o construcție a minții umane dar în toate modelele realității care se conformează cererilor impuse de teoria cuantică distribuția de probabilitate, sau ceva foarte similar acesteia, există chiar în natura însăşi, în afara minții umane. Cea de-a treia ipoteză cheie a modelului lui Bohm este existența unui univers clasic de particule punctuale (şi/sau câmpuri clasice). Acest univers clasic este un univers fizic de aceeaşi natură cu cel postulat de fizica clasică. În fapt, ceea ce a făcut Bohm a fost să ia ecuația lui Schrödinger şi, cu ajutorul unor transformări matematice, să o rescrie sub o formă similară legii a doua a dinamicii a lui Newton, **F = m.a**, unde **F** este acum determinată atât prin potențialul clasic obişnuit **V**, cât şi printr-un nou potențial cuantic **U**. Relevant este că dinamica mecanicii cuantice poate fi pusă sub forma „newtoniană" **F = m.a** şi i se poate atribui o interpretare cauzal-deterministă în care particulele microscopice, cum ar fi electronii, urmează traiectorii bine definite în spațiu-timp. În interpretarea Copenhaga a mecanicii cuantice se cere o ontologie care să fie ireductibil nedeterministă, astfel încât, în cazul unui microsistem, nu putem vorbi, în principiu, de o evoluția continuă a valorilor luate sau de o traiectorie în cadrul spațio-temporal. În interpretarea Bohm a exact aceluiaşi formalism, microsistemele evoluează complet determinist. Particulele urmează traiectorii bine definite, chiar dacă uneori foarte neregulate, într-un continuum spațiu-timp. Relațiile de incertitudine alei lui Heisemberg impun limitări asupra preciziei măsurătorilor datorită efectelor potențialului cuantic. În acest fel, putem recupera în întregime predicțiile statistice ale mecanicii cuantice standard. Pe baza acestei interpretări, un microsistem se comportă în mare măsură ca şi un sistem haotic clasic.

Teoria lui Bhom are la bază ceea ce astăzi este cunoscut sub numele de teoria complexități care a luat naştere în deceniul al şaptelea al secolului trecut. Astfel, în 1963 a apărut o lucrare, căreia inițial nu i s-a dat o prea mare importanță. Este vorba despre o lucrare a lui Edward Lorentz. El era de profesie meteorolog şi şi-a pus o întrebare pe care ne-o punem cu toții în mod firesc: de ce nu se poate prevedea vremea pentru un interval de timp mai lung? Putem prevedea vremea pentru câteva zile, pentru o săptămână, dar daca ne hazardăm să o prevedem peste o lună sau un an, erorile care pot apare sunt foarte mari. De ce această incapacitate de

predicție, când se ştie că aerul, norii, totul se deplasează după legile mecanicii ? Deci, după nişte legi deterministe, nişte legi care fac posibil ca în cazul în care cunoşti condițiile inițiale şi legea respectivă, ar trebui să poți prevedea în orice moment ce se va întâmpla; si atunci, el a luat, în 1963, nişte ecuații celebre, ecuațiile Navier-Stokes, le-a trunchiat, a mai neglijat nişte termeni, dar nu asta este important, ci faptul ca le-a pus pe calculator. Şi acum trebuie sa spunem ca dacă nu ar fi existat tehnica modernă de calcul nu s-ar fi putut ajunge aici - şi a constatat că pentru foarte mici, infime variații ale condițiilor inițiale, apar peste un timp nişte variații formidabile în privința diverşilor parametri. Şi atunci, el a făcut o remarcă ce a rămas celebră în ştiința Complexității[22]: Dacă un fluture aşezat pe o floare, astăzi bate sau nu bate din aripi, asta nu are importanta asupra vremii de azi, de mâine sau de poimâine, dar are o importanță foarte mare asupra vremii de peste 5 ani, 10 ani, ş.a.m.d. Această remarcă este cunoscută astăzi în ştiință sub numele de Lorentz's Butterfly. De aici a apărut ceea ce este cunoscut sub numele de teoria catastrofelor sau a zborului de fluture.

Progresele înregistrate de ştiința actuală l-a facut pe Basarab Nicolescu, ***(fragment dintr-un interviu acordat lui Liviu Giosan şi Razvan Florian pentru revista Ad Astra Journal)*** să menționeze că, „lumea cuantică este cât se poate de reală; eu lucrez in interiorul ei şi ştiu că este supusă testelor, putem să realizăm experimente în domeniul cuantic. De aceea, prima mea mare intuiție, la care am ajuns mult după ce am reuşit să-i pătrund formalismul, a fost ideea unei discontinuități între conceptele generale ale mecanicii cuantice sau, prin extensie, ale fizicii cuantice şi conceptele fizicii clasice. Această discontinuitate nu reprezintă o contradicție. Pur şi simplu, legi diferite funcționează în fiecare dintre aceste domenii, într-un asemenea mod încât nu ne este permis sa trecem în mod continuu, în sensul matematic al termenului, de la legile mecanicii cuantice la cele ale mecanicii clasice. Acest demers a reprezentat miezul căutărilor fizicii de la începutul secolului trecut. Într-un anumit sens, este interesant că aproape toate marile personalități ale fizicii au fost persoane cultivate, ce au încercat întotdeauna să încorporeze informația din fizică în curentul filozofic din care făceau parte". Şi atunci, este explicabil ca marii fizicieni adepți ai modelului newtonian să susțină existența determinismului universal, iar fizicienii adepți ai fizicii microcosmosului să fie adepți ai determinismului limitat sau chiar ai indeterminismului universal.

---

[22] **Michael G. Moran** - "CHAOS THEORY AND PSYCHOANALYSIS - THE FLUIDIC NATURE OF THE MIND", Int. Rev. Psycho-Anal., 1991, No.18, p.211
Vann Spruiell - "DETERMINISTIC CHAOS AND THE SCIENCES OF COMPLEXITY: PSYCHOANALYSIS IN THE MIDST OF A GENERAL SCIENTIFIC REVOLUTION", J. of APA, 1993, No. 41, p.3-44.
Jean-Michel Quinodoz - "TRANSITIONS IN PSYCHIC STRUCTURES IN THE LIGHT OF DETERMINISTIC CHAOS THEORY" - Int. Psycho-Anal., 1997, No. 78, p.699.

Acum, după traversarea „tranziției", putem să apelăm la alte considerente logice, bine stabilite, că determinismul este prezent chiar şi în haosul primar.

6. Concluzii

Ştiința modernă are la bază trei postulate fundamentale care prelungesc, în cel mai înalt grad, în planul raţiunii, căutarea legilor şi ordinii: **1**. existența legilor universale, cu caracter matematic; **2**. descoperirea acestor legi prin experiența ştiințifică; **3**. reproductibilitatea perfectă a datelor experimentale. Pe baza lor s-a clădit fizica clasică, newtoniană, şi determinismul absolut.

Fizica clasică se bazează pe ideea continuității care spune: **nu se poate trece dintr-un punct al spațiului şi timpului într-altul fără a se trece prin toate punctele intermediare**. Ideea continuității a dat naştere conceptului de **cauzalitate locală** care spune că **orice fenomen fizic poate fi înțeles printr-o înlănțuire continuă de cauze şi efecte; fiecărei cauze dintr-un punct dat îi corespunde un efect dintr-un punct infinit de apropiat şi fiecărui efect dintr-un punct dat îi corespunde o cauză dintr-un punct infinit de apropiat**.

Conceptul de determinism absolut spune că **ecuațiile fizicii clasice sunt astfel alcătuite încât, dacă sunt cunoscute pozițiile şi vitezele obiectelor fizice la un moment dat, pot fi prezise pozițiile şi vitezele lor în oricare alt moment al timpului. Legile fizicii clasice sunt deci legi deterministe**.

De aici s-a născut şi ideologia scientistă, apărută ca o ideologie de avangardă şi care a cunoscut un extraordinar avânt în decursul secolului al XIX-lea, inclusiv ideologia marxistă. **Toate ideile marxiste se bazează în ultimă analiză pe concepte din fizica clasică: continuitate, cauzalitate locală, determinism, obiectivitate**. **Impunând anumite condiții sociale inițiale bine determinate, se poate prezice cu certitudine viitorul omenirii**. Ca urmare, se poate spune că dogmele şi ideologiile care au răvăşit secolul al XX-lea erau izvorâte din gândirea clasică, fondată pe conceptele fizicii clasice.

O nouă viziune asupra ştiinței apărută în zorii secolului XX aveau să ruineze spre sfârşitul acelui secol fundamentele unei gândiri sociale ce nu a încetat să sfârşească.

În pragul secolului XX, Max Planck a demonstrat că însăşi energia are o structură discretă, discontinuă. Cuanta de energie a lui Planck a dat numele mecanicii cuantice, va revoluționa întreaga ştiință şi va modifica în profunzime viziunea asupra lumii.

Discontinuitatea a pus în discuție limbajul matematic care este de o cu totul altă natură întrucât până atunci se sublinia că calculul diferențial şi calculul integral se bazează pe continuitate. Dar, a pune în discuție continuitatea şi limbajul matematic s-a pus în discuție şi conceptul de cauzalitate locală. Natura acestui tip nou de cauzalitate a fost lămurită grație unui rezultat teoretic riguros – teorema lui Bell – şi unor experiențe de mare

precizie (1965). Astfel şi-a făcut intrarea în fizică un nou concept: **inseparabilitatea**.

În fizica clasică, conform legii a treia a lui Newton: $F = m_1.m_2/r^2$, s-a născut cauzalitatea locală. În mecanica cuantică, conform teoremei lui Bell, entitățile cuantice continuă să interacționeze indiferent de distanța între ele, formulându-se astfel conceptul de **cauzalitate globală** care se referă la sistemul tuturor entităților fizice, în ansamblul lor. Inseparabilitatea cuantică nu pune la îndoială cauzalitatea însăşi, ci doar una dintre formele sale: cauzalitatea locală.

Dar iată transpusă şi în versuri nemuritoare această situație: poetul nostru național ***M. Eminescu*** (1850-1889) scria: „***Din codru rupi o rămurea/ Ce-i pasă codrului de ea ?***", iar poetul englez ***Francis Thompson*** (1859-1907) scria „***Lucrurile, prin puteri nemuritoare/ Aproape ori în depărtare/ Tainic/ sunt strâns legate între ele/ Aşa că de clinteşti o floare/ Aduci înfiorare printre stele***".

În evoluția ştiinței, în particular în timpurile moderne, omul a căutat întotdeauna să simplifice pe cât posibil Natura, modelând-o, apropiind-o de o serie întreagă de obiective matematice şi fizice, pe măsură ce cunoştințele sale se dezvoltau. Edificatoare în această privință este teoria lui Newton, care a reuşit să surprindă o serie de legi fundamentale ale mişcării mecanice. Poate puține ştiințe din cele care există s-au bucurat de succes, cum s-a bucurat la vremea respectivă, ştiința aceasta a mecanicii. Succesele au fost nemaipomenite, culminând cu una din descoperirile senzaționale pentru vremea aceea: este vorba de astronomul francez Le Verrier, care prin calcule a reuşit să stabilească existența unei planete pe care astronomii n-o descoperiseră încă, şi ca urmare a acestor calcule, să indice direcția în care trebuie orientate telescoapele. Şi a fost descoperită într-adevăr aceasta planetă. (Este vorba de planeta Neptun, iar calculul a fost făcut în 1846). Aceasta a produs un entuziasm nemaipomenit, ca şi faptul că, ecuațiile mecanicii fiind simetrice în raport cu timpul, a rezultat că se putea descoperi cu ajutorul lor si ceea ce a fost în trecut. Şi s-au descoperit astfel, eclipse care au avut loc în timpul unor mari bătălii, când istoria spune că oştile, speriate că s-a întunecat cerul, au fugit şi lupta a luat astfel sfârşit. Toate aceste evenimente au fost dovedite matematic.

Dar, în decembrie 1955, autorul acestei lucrări, student fiind, a audiat un curs al fostului său profesor de mecanică teoretică, prof. dr. Dumitru Mangeron, în care acesta a demonstrat, într-o lucrare a sa, limitele modelului mecanic newtonian în fața unui determinism absolut. Aceste rezultate ale cercetărilor ilustrului profesor, cunoscute sub numele de „ecuațiile Mangeron", „ecuațiile accelerațiilor reduse" sau „ecuațiile accelerațiilor de ordin superior" au fost luate în considerare la calculele efectuate pentru traiectoriile corpurilor lansate în cosmos pentru explorările acestuia.

Legile lui Newton au rămas adevărate, dar între anumite limite. Astfel, teoria relativității avea sa arate ca legile mecanicii nu se aplica în cazul vitezelor comparabile cu viteza luminii în vid. De asemenea, teoria

cuantelor a lui Planck, avea sa arate că mecanica clasica nu se aplica particulelor elementare.

Actualmente nu mai surprinde alăturarea a doua cuvinte: haos şi determinist în teoria haosului determinist. Este o adevărată provocare pentru spirit. Cum se explica apariția comportărilor haotice în sisteme deterministe ? Cum se explica faptul ca atunci când citeşti după un timp datele de pe imprimantă, ai impresia că cineva aruncă zarul şi citeşte ceea ce obține în urma acestor aruncări ? Când în spatele acestor succesiuni exista o lege, cum e posibil, din nişte legi deterministe să iasă aşa ceva de dezordonat ? Ori, dacă nu se mai poate prevedea, asta este ceva foarte grav, nu numai pentru ştiință, dar si pentru filozofie, pentru că în definitiv dacă "savoir c'est prevoir" (a şti înseamnă a prevedea), în momentul în care nu mai poți prevedea, atunci înseamnă că ştiința e pusă şi ea sub semnul întrebării.

Este bine ca din când în când să punem sub semnul întrebării marile certitudini care ne guvernează viața. Şi asta fără nici o frică, căci istoria ne-a arătat că orice nouă descoperire nu distruge, ci completează trecutul, îl nuanțează. Şi ne-a mai arătat istoria ceva: ce nu este adevărat, nu dăinuie. Oricât am forța Adevărul să fie aşa cum îl dorim noi, prin prisma comodității utilizării naturii sau a limitelor cunoaşterii la un moment dat, el se reaşează continuu în minți tinere din ce în ce mai rafinate pentru a-l reflecta.

Bibliografie

1. Bohm David, *Plenitudinea lumii şi ordinea ei*, Bucureşti, Editura Humanitas, 1995.
2. Botezatu Petre, *Cauzalitatea fizică şi panquantismul*, Iaşi, Editura Universității „Al. I. Cuza", 2002.
3. Cushing James, *Concepte filosofice în fizică. Relația istorică dintre filozofie şi teoriile ştiințifice,* Bucureşti, Editura Tehnică, 2000.
4. Heisenberg Werner, *Physics and Phylosophy*, New York, Harper and Row, 1958.
5. Nicolescu Basarab, *Noi, particula şi lumea*, Iaşi, Editura Polirom, 2002.
6. Nicolescu Basarab, *Trnsdisciplinaritatea*, Iaşi, Editura Polirom, 1999.
7. Putnam Hilary, Potterie Ignace de la, Augustin, Kirkegaard Soren, Tatarkiewicz Wladislaw, *Despre Adevăr* (culegere de texte), Bucureşti, Editura Punct, 2000
8. Sardar Ziauddin, Abrams Iwona, *Cîte ceva despre haos*, Bucureşti, Editura Curtea Veche, 2002.
9. Smolin Lee, *Spațiu, timp, univers*, Bucureşti, Editura Humanitas, 2002.
10. Suppes Patrick, *Metafizica probabilistă*, Bucureşti, Editura Humanitas, 1990.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. Bateson Gregory, *Steps to an Ecology of Nind*, Northvale, N.J., Jason Aronson, 1987.

2. Băloiu Liviu Mihail, *Managementul inovației. Viitorul întreprinderii, întreprinderea viitorului*, Bucureşti, Editura Efuicient, 1995.

3. Bellah Robert, *The Good Society,* New York, Knopf, 1991.

4. Bogdan Stugren, *Ecologie teoretică*, Casa de editură "SARMIS", Cluj-Napoca, 1994.

5. Boulding Kenneth, *Ecodynamics: A New Theory of Societal Evolution*, London, Sage, 1978.

6. Brown Lester R., Christopher Flavian, Hilary French, *Starea Lumii: 2000*, Bucureşti, Editura Tehnică, 2000.

7. Brown Lester R., Christopher Flavian, Hilary French, *Starea Lumii: 2001*, Bucureşti, Editura Tehnică, 2001.

8. Brown Lester R., *Probleme globale ale omenirii. Starea lumii*, Editura Tehnică, Bucureşti, 1991, 1995, 1997.

9. Capra Fritjof, *The Turning Point Science, Society, and the Rising Culture*, New York, Simon and Schuster, 1982.

10. Constantinescu N. N: *Economia protecției mediului natural*, Editura Politică, Bucureşti, 1976.

11. Darwin Ch., *Originea speciilor prin selecția naturală sau păstrarea raselor favorizate în lupta pentru existență*, Editura Academiei, Bucureşti, 1957.

12. Davis Stanley, *Future Perfect*. Reading, Mass., Adisson-Wesley, 1987.

13. Delattre P., *Système, structure, fonction, évolution*, Maloine, Paris, 1971.

14. Dorf Richard, Yvonne Hunter, *Appropiate Visions. Technology, the Environmment and the Individual,* San Francisco, Boyd&Fraser, 1978.

15. Douthwaite Richard, *The Growth Illusion*, Tulsa, Oklahoma: Council Oak Publishing, 1993.

16. Durning Alan, *How Much is Enough : The Consumer Society and the Future of the Earh*, New York, W.W. Norton, 1992.

17. Ehrlich Paul, *Population, Resources, Environment,* San Francisco, W.H. Freeman, 1972.

18. Ghinea L.: *Apărarea naturii*, Editura Ştiințifică şi Enciclopedică, Bucureşti, 1978.

19. Giarini Orio, Walter R. Stahl, *Limitele certitudinii*, EDIMPRES – CAMARO, Bucureşti, 1996.

20. Grădinaru Ilie, *Protecția mediului*, Bucureşti, Editura Economica, 2000.

21. Hawken Paul, *The Ecology of Commerce: A Declaration of Sustainability*, New York, Harper Business, 1993.

22. Holdren John, Paul Ehrlich, *Global Ecology. Reading Toward a Rtional Strategy for Man*, New York, Harcourt Brace Jovanovich, 1971.

23. Korten David C., *Getting to the 21st Century: Voluntary Action and the Global Agenda*, West Hartford, Connecticut: Kumarian Press, 1990.

24. Kurtzman Joel, *The Death of Money*, New York, Simon and Schuster, 1993.

25. Needleman Jacob, *Money and the Meaning of Life*, New York: Doubleday, 1991.

26. Negrei Costel: *Bazele economiei mediului*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1996.

27. Petrescu P., T. Gherasim, *Elemente de analiza valorii*, Bucureşti, Editura Academiei RSR, 1981.

28. Rifkin Jeremy, *The End of Work*, New York, G.P. Puttnam's Sons, 1995.

29. Rifkin Jeremy, Ted Howard, *Entropy, A new world view*, New York, The Viking Press, 1980.

30. Sadgrove Kit, *Ghidul ecologic al managerilor*, Bucureşti, Editura Tehnică, 1998.

31. Soran Viorel, Şerban Mihai: *Bioeconomia – o nouă ştiinţă de graniţă*, Editura Ştiinţifică, Bucureşti, 1988.

32. UNDP (Fondul Naţiunilor Unite pentru Dezvoltare), *Human Development Report 1994*, New York, Oxford University Press, 1994.

33. William J. Baumol, Walace E. Oates: *The Theory of Environmental Policy*, Cambridge University Press, 1988.

34. William M. Dugger, *Corporate Hegemony*, New York, Greenwood Press, 1989.

35. Diferite statistici internaţionale emanate din rapoarte anuale: *Starea agriculturii şi alimentaţiei; Starea populaţiei lumii; Starea mediului; Perspective economice mondiale*, editate de diferite organisme specializate ale ONU. Se adaugă, evident, bibliografia specificată în josul paginilor (în text).

C U P R I N S

pag.
INTRODUCERE 3
CAP.1. OBIECTUL DISCIPLINEI ECONOMIA MEDIULUI 11
1.1. Ce este economia ? 11
1.2. Ce este mediul ? 12
1.3. Conceptul de economia mediului 14
1.4. Respectarea pragurilor naturale pentru exploatarea mediului 20
CAP.2. BIOS ŞI ECOLOGIE 25
2.1. Ce este viaţa ? 25
2.2. Ce este ecologia ? 29
2.3. De la ecologia teoretică la ecologia globală 29
2.4. Omul şi mediul înconjurător 31
CAP.3. TERMODINAMICA ŞI BIOSISTEMELE 33
3.1. Ce sunt biosistemele ? 33
3.2. Conceptul de ecosistem (sistem ecologic) 39
3.3. Analiza sistemică 40
3.4. Definirea termodinamicii 43
3.5. Principiile termodinamicii 47
3.6. Funcţii termodinamice caracteristice şi potenţiale termodinamice 61
3.7. Biosistemele ca sisteme termodinamice 63
CAP.4. PRINCIPIUL AL DOILEA AL TERMODINAMICII ŞI BIOSISTEMELE 65
4.1. Structuri disipative 65
4.2. Biosistemele ca structuri disipative 73
4.3. Entropia în lumea biologică 76
4.4. Principiul antagonismului şi eterogenitatea biologică 83
4.5. Relaţii în lumea vie 89
4.6. Motivaţia utilizării principiilor termodinamicii la analiza ecosistemelor 92
CAP.5. ORDINE, DIVERSITATE ŞI COMPLEXITATE ÎN ECOSISTEME 97
5.1. Calitatea vieţii 97
5.2. Progres şi degradare ecologică 98
5.3. Concepţii noi pentru aprecierea progresului 114
5.4. Analiza termodinamică a ecosistemelor 119
5.5. Analiza termodinamică a evoluţiei ecosistemelor 128
5.6. Om – tehnică – mediu 132
5.7. Progresul tehnic şi mediul de viaţă uman 134
5.8. Exploatarea intensivă a mediului 137
5.9. Progresul tehnic şi contradicţii socio-umane 142

CAP.6. ENERGIE ŞI ECOLOGIE 145
6.1. Ce este energie ? 145
6.2. Surse de energie 146
6.3. Energia – problemă globală a omenirii 148
6.4. Structura surselor de energie 149
6.5. Industria energiei electrice 153
6.6. Alternative energetice 155
6.7. Energia nucleară 159
6.8. Probleme ecologice legate de producția de energie 160
6.9. Influența conversiei electronucleare a energiei asupra mediului înconjurător 162
6.10. Decarbonizarea combustibililor 169
6.11. Surse regenerabile de energie 171

CAP. 7. CRIZA MEDIULUI ÎNCONJURĂTOR 177
7.1. Evoluția Terrei sub influența umană. Coordonatele problemei 177
7.2. Degradarea solului 179
7.2.1. Criza alimentară – problemă fundamentală şi globală a omenirii 182
7.2.2. Situația actuală a producției agricole 184
7.2.3. Securitatea alimentară a populației globului în pericol 186
7.3. Degradarea terenurilor agricole 188
7.4. Degradarea apelor 190
7.5. Degradarea atmosferică 195
7.5.1. Poluanți radioactivi ai aerului 198
7.5.2. Raportul O_2/CO_2 în aer şi consecințele variației lui pe măsura acumulării de CO_2 199
7.6. Protecția păturii protectoare de ozon 201
7.7. Cum se poate reduce cantitatea de CO_2 din atmosferă ? 203
7.8. Smogul şi ploile acide 206
7.9. Dezvoltarea economică şi degradarea mediului 210
CAP.8. MANAGEMENTUL DEŞEURILOR 215
8.1. Materialele şi societatea umană 215
8.2. Tendințe actuale în consumul de materiale 216
8.3. Ciclul de viață al materialelor 221
8.4. Materiale şi energie 224
8.5. Deşeuri menajere 227
8.6. Impactul deşeurilor solide urbane asupra mediului înconjurător şi sănătății umane 229

CAP.9. PROTECȚIA MEDIULUI 233
9.1. Omul în confruntare cu mediul înconjurător. Eco-dezvoltarea 233
9.2. Legi de bază ale economiei mediului 236
9.3. Protecția mediului – o problemă globală 239
9.4. Necesitatea abordării interdisciplinare la analiza protecției mediului înconjurător 246
9.5. Căi şi mijloace de reducere a impactului negativ al substanțelor poluante cu mediul înconjurător 259
9.6. Metrologia calității mediului 275
9.7. Costul protecției mediului 279
DETERMINISM Şi CAUZALITATE ÎN ŞTIINȚELE MODERNE ALE NATURII 295
BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ 311

Tipar Digital realizat la **Tipografia** pim
Șoseaua Ștefan cel Mare nr. 11
Iași - 700498
Tel. / fax: **0232-212740**
e-mail:editurapim@pimcopy.ro
www.pimcopy.ro

Material cu drept de autor